



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERÍA INDUSTRIAL

Título del proyecto:

FABRICACIÓN DE UN PROTOTIPO DE MOTOCICLETA DE
COMPETICIÓN DE CATEGORÍA MOTO3

Amaya Azcona Gimeno

Pedro María Villanueva Roldán

Pamplona, 18 de Febrero de 2015



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERÍA INDUSTRIAL

Título del proyecto:

FABRICACIÓN DE UN PROTOTIPO DE MOTOCICLETA DE
COMPETICIÓN DE CATEGORÍA MOTO3

MEMORIA

Amaya Azcona Gimeno

Pedro María Villanueva Roldán

Pamplona, 18 de Febrero de 2015

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	5
2. OBJETIVO DEL PROYECTO	6
2.1 Descripción básica del PFC	7
2.2 Organización del equipo	8
2.3 Esquema y etapas de desarrollo	8
3. EL COMIENZO DE LAS MOTOCICLETAS	10
3.1 La primera motocicleta mundial.....	11
3.2 El difícil desarrollo de las motocicletas en España	12
3.3 Historia de los campeonatos de motociclismo	15
4. COMPETICIÓN MOTOSTUDENT	20
4.1 La competición	20
4.2 Fases de la competición	22
4.3 Equipos participantes	27
4.4 El Equipo ETSIIT-UPNa Racing.....	28
4.5 ¿Qué aporta la Competición MotoStudent?	29
5. DATOS DE PARTIDA	31
5.1 Reglamento de la competición MotoStudent.....	31
5.1.1 Reglamento administrativo.....	31
5.1.2 Reglamento técnico	34
5.1.3 Componentes estándar aportados por la Organización.....	38
5.2 Reglamento de la UPNA	42
5.3 Otras fuentes de información.....	44
5.3.1 Ediciones anteriores.....	44
5.3.2 Apuntes de asignaturas e información teórica.....	45
5.3.3 Documento LEARNED LESSONS	45
5.3.4 Proyecto Final de Carrera anteriores	45

6.	MEJORAS E INNOVACIONES DEL PROTOTIPO	46
6.1	Mejoras	46
6.1.1	Unificación de la tornillería	46
6.1.2	Unión de piezas	47
6.2	Innovaciones	48
6.2.1	Material híbrido	48
6.2.2	Diseño del bastidor y basculante	49
7.	ETAPAS PREVIAS A LA FABRICACIÓN	50
7.1	Organización del equipo	50
7.2	Planificación	53
7.3	Diseño de concepto	55
7.3.1	Especificación de requisitos	56
7.3.2	Benchmarking	59
7.4	Diseño de componentes	59
7.4.1	Diseño mecánico	60
7.4.2	Diseño eléctrico y electrónico	68
7.5	Búsqueda de patrocinadores	76
8.	MATERIALES	77
8.1	Materiales compuestos	77
8.1.1	Definición	77
8.1.2	Matrices	78
8.1.3	Fibras	86
8.1.4	Presentación de las fibras	92
8.1.5	Ventajas de los materiales compuestos frente a los tradicionales	97
8.2	Aluminio	98
9.	DESPIECE DE LA MOTOCICLETA	100
9.1	Piezas de fibra de carbono	101
9.1.1	Vigas del bastidor y basculante	101
9.1.2	Soportes laterales del bastidor	121

9.2 Piezas de aluminio	123
9.2.1 Pipa de dirección	124
9.2.2 Soportes traseros.....	128
9.2.3 Soporte de links	130
9.2.4 Soporte del muelle	135
9.2.5 Soporte inferior.....	137
9.2.6 Anclaje con el bastidor y el rocker	139
9.2.7 Anclaje con los neumáticos	148
9.2.8 Rocker.....	149
9.2.9 Links	151
9.3 Piezas de acero.....	152
9.3.1 Tijas	153
9.3.2 Elementos de los ejes de las ruedas	158
9.3.3 Soporte de links en forma de U	165
9.3.4 Soporte en forma de L	168
9.3.5 Tensores de cadena.....	169
9.3.6 Soporte de la pinza trasera.....	172
9.3.7 Tornillería	174
10. PLANOS DE FABRICACIÓN	176
10.1 Tolerancias dimensionales	176
10.1.1 Simbología ISO	176
10.1.2 Calidades IT.....	177
10.1.3 Posición de la tolerancia	177
10.1.4 Tipos de ajuste	180
10.1.5 Sistemas de ajuste.....	182
10.1 Tolerancias geométricas	183
11. PRESUPUESTO.....	186
12. CONCLUSIONES.....	190
13. BIBLIOGRAFÍA	192

14.	ÍNDICE DE FIGURAS	194
15.	ÍNDICE DE TABLAS	198
16.	ANEXOS	199
17.	AGRADECIMIENTOS	227

1. INTRODUCCIÓN

La idea del presente proyecto es aplicar los conocimientos y el interés de una estudiante de Ingeniería Industrial por el mundo de las dos ruedas en un proyecto de ingeniería.

Gracias tanto a la Universidad Pública de Navarra como a la competición MotoStudent he podido formar parte de un grupo con el reto de diseñar una motocicleta de competición y que posteriormente dicho diseño sea una realidad.

MotoStudent es una competición entre universidades cuyo objetivo es la aplicación de los conocimientos que los participantes han adquiriendo a lo largo de su carrera universitaria, diseñando y fabricando una Moto3 que, ajustándose a un reglamento dado, competirá con el resto de motocicletas fabricadas por el resto de universidades.

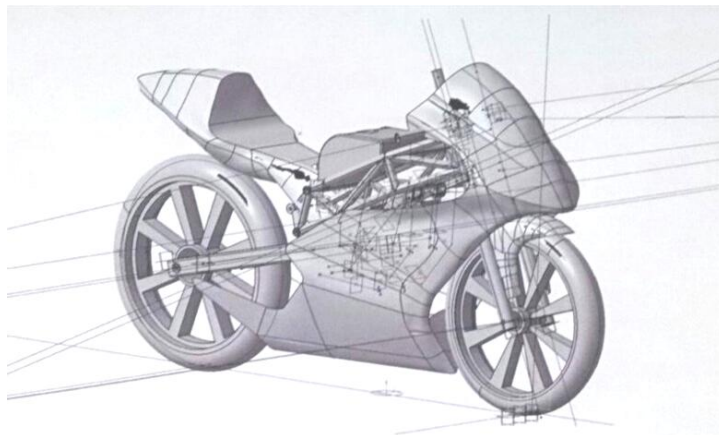


Figura 1.1: Boceto de una motocicleta

Para llevar a cabo este proyecto grupal, es necesario tener conocimientos sobre todos los aspectos requeridos para el diseño y fabricación de una motocicleta de competición, como son: conocimientos mecánicos, de electricidad, de electrónica, de organización de equipo, de marketing, de materiales, dinámica, etc.

Este proyecto requiere de una gran dedicación y constancia de los participantes. El interés por el mundo del motociclismo es importante y necesario, ya que la cantidad de horas dedicadas al mismo es muy alta en relación a otros proyectos y la recompensa por el trabajo realizado es en gran parte la gratificación y el enriquecimiento personal.

2. OBJETIVO DEL PROYECTO

Este Proyecto Fin de Carrera (PFC) consiste en la descripción del proceso fabricación y el estudio de las tecnologías para la misma de una motocicleta de competición previamente diseñada.

A su vez, es una de las partes que conforman el equipo ETSIT-UPNa Racing, grupo de la UPNA en la Competición MotoStudent.

La Competición MotoStudent es un desafío entre universidades de todo el mundo que consiste en diseñar y desarrollar un prototipo de moto de competición con motor de pequeña cilindrada (250cc y 4T). Posteriormente, se realizan las pruebas y evaluaciones pertinentes para finalmente, celebrar una competición con los prototipos en las instalaciones de MotorLand Aragón.

Para llevar a cabo todo esto, se dispone de unas pautas, y condiciones previas impuestas por la competición para que todos los equipos partan en igualdad de condiciones. A partir de ahí, comienza el desafío de los propios componentes del equipo para desarrollar y aplicar todos sus conocimientos y aptitudes adquiridas durante su etapa universitaria, esforzándose por optimizar al máximo su diseño e introducir las innovaciones y mejoras que consideren oportunas.

Con este proyecto individual se pretenden conseguir los siguientes objetivos:

1. Estudio detallado de la normativa facilitada y requerimientos exigidos por la organización de MotoStudent.
2. Búsqueda extensa sobre los tipos de materiales utilizados en el ámbito de la alta competición en motociclismo, así como sus propiedades.
3. Conocimientos de las diferentes tecnologías de fabricación existentes, los requisitos, limitaciones y terminado de cada una de ellas.
4. Elección del material y proceso de fabricación para las diferentes piezas que forman la motocicleta y la fabricación de las mismas.

2.1 Descripción básica del PFC

Este proyecto se enmarca dentro de la tercera edición de la competición MotoStudent y tiene como propósito, el diseño y fabricación de una Moto3 (250cc y 4T).

Este trabajo en particular, es continuación de los proyectos realizados por otros componentes del equipo ETSIIT-UPNa Racing, ya que en ellos se han diseñado los elementos para poder construir la moto, tanto mecánicos como eléctricos. El proyecto plasma tales diseños en elementos reales fabricados de forma óptima, teniendo en cuenta los medios disponibles en la universidad y el presupuesto del que se dispone. Con el fin de reducir el coste al máximo, como en ediciones anteriores, se sopesa la opción de reutilizar ciertas piezas o elementos a fabricar, como por ejemplo el piecerío auxiliar.

A su vez, cada uno de los procesos tecnológicos llevados a cabo debe ajustarse a los requisitos exigidos por el reglamento técnico establecido por MotoStudent para esta edición.

El proyecto abarca aspectos tales como el aprovisionamiento de los materiales necesarios para la fabricación de los diversos componentes de la motocicleta, un estudio de los procesos de fabricación factibles y por último la elección que mejor se ajuste a nuestras necesidades teniendo en cuenta tanto nuestros recursos técnicos como económicos.



Figura 2.1: Prototipo de una edición anterior

2.2 Organización del equipo

En primer lugar, se hace un estudio detallado de todo el reglamento de la competición MotoStudent, tanto reglamento técnico como deportivo, extrayendo del mismo toda la información, condiciones y restricciones que influyan sobre los materiales a utilizar o los procesos tecnológicos a emplear. Esta fase es primordial haberla realizado correctamente por todos los componentes del equipo ya que si nuestro producto final incumpliese alguna de las especificaciones pedidas, el prototipo sería eliminado inmediatamente de la competición.

Seguidamente, realizo un análisis de qué elementos van a ser aportados por la organización, cuáles podemos fabricar (en función de los aprovisionamientos y maquinaria disponible) y las piezas que se subcontratan.

Conforme los compañeros han ido diseñando los diferentes componentes, se ha hecho un estudio del material más adecuado a utilizar, teniendo en cuenta sus propiedades y la viabilidad económica. Si la fabricación de dicha pieza es factible, se elabora el desarrollo de los diferentes procesos a emplear que sean compatibles con la pieza y material elegidos, todo debe encajar.

Por último, una vez que todo está correctamente decidido (diseño, material, utillaje, proceso...) y evaluado mediante simuladores, se elaboran los planos perfectamente definidos y se procede a la fabricación de las piezas mediante el trabajo de los operarios del taller.

2.3 Esquema y etapas de desarrollo

A continuación figura un esquema con la estructuración del proyecto global, así como una predicción temporal de los plazos del mismo que se hicieron. (Figura 2.2)

Como se puede observar, mi proyecto fin de carrera se centra principalmente en la última fase del proyecto global, pero como encargada del equipo de fabricación, ha sido necesario un seguimiento e iteración constante desde el principio con los componentes de diseño para asegurarnos que el trabajo que estaban realizando era posteriormente fabricable.

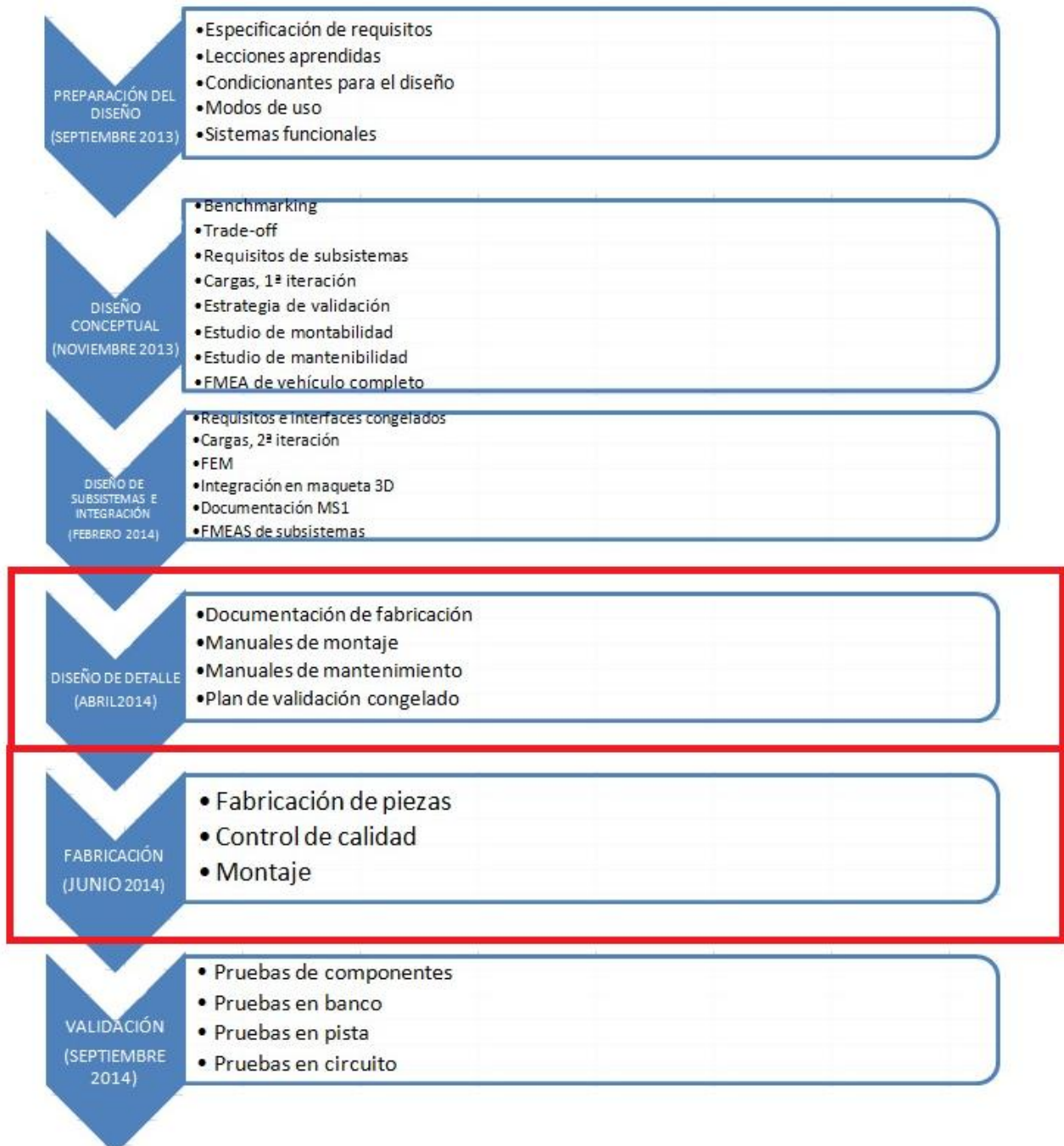


Figura 2.2: Estructuración del PFC

3. EL COMIENZO DE LAS MOTOCICLETAS

La pasión que despierta en la actualidad todo lo referente al motociclismo, tanto en el aspecto deportivo como en el del ocio y en el cotidiano, se debe a la popularidad que las motocicletas han adquirido a lo largo de los últimos años y a la evolución de las nuevas tecnologías aplicadas a materiales y diseño.

Los fabricantes han sabido adaptarse a todas las necesidades y han creado modelos para todos los gustos en un mercado cada vez más creciente, desde las más pequeñas, versátiles y manejables, adaptadas a las exigencias de ciudades con tráfico intenso, las de gran cilindrada que permiten viajar grandes distancias con rapidez y seguridad, o las motos camperas que han permitido salir del asfalto y acceder a inaccesibles parajes. Todas, han ido derribando barreras hasta convertirse en una imagen permanente de nuestro paisaje.

A este auge ha ayudado sobremanera la difusión que los medios de comunicación han realizado de las competiciones deportivas. Las televisiones, revistas y periódicos dedican espacios prioritarios a todo tipo de eventos que por lo general, son seguidos por un gran número de espectadores de todas las edades. Los fabricantes han volcado sus esfuerzos y su tecnología patrocinados por grandes multinacionales conocedoras de la repercusión que entre el gran público motorista o no, despierta.



Figura 3.1: Numerosos espectadores en un Campeonato de motociclismo

3.1 La primera motocicleta mundial

Este desarrollo también tiene nombres propios que son elementos inseparables de esta historia.

Desde principios del S.XIX, con la evolución del motor a vapor, los animales fueron dejando de ser el único sistema de propulsión terrestre de vehículos de mercancías y pasajeros. La evolución de los motores sirvió para dar paso a máquinas que se movían sobre ferrocarriles, capaces de autopropulsarse gracias a la combustión y sencillos sistemas de engranaje que actuaban sobre el diferencial y ejes de tracción. La aparición de todo tipo de vehículos autopropulsados revolucionó la economía europea de mediados de siglo.

En el tema que nos ocupa, en 1885, el ingeniero e inventor alemán Golttlieb Daimler montó un motor de combustión interna diseñado por él mismo en un vehículo con bastidor de madera. El vehículo tenía cuatro ruedas, incluyendo dos pequeñas ruedas de estabilización, por lo que técnicamente no era de hecho una motocicleta. Sin embargo, los historiadores consideran que el vehículo de Daimler fue la primera motocicleta del mundo. El hijo de Daimler, Paul, se convirtió en el primer motorista el 10 de noviembre de 1885, cuando pilotó la invención de su padre a lo largo de casi 10 kilómetros.

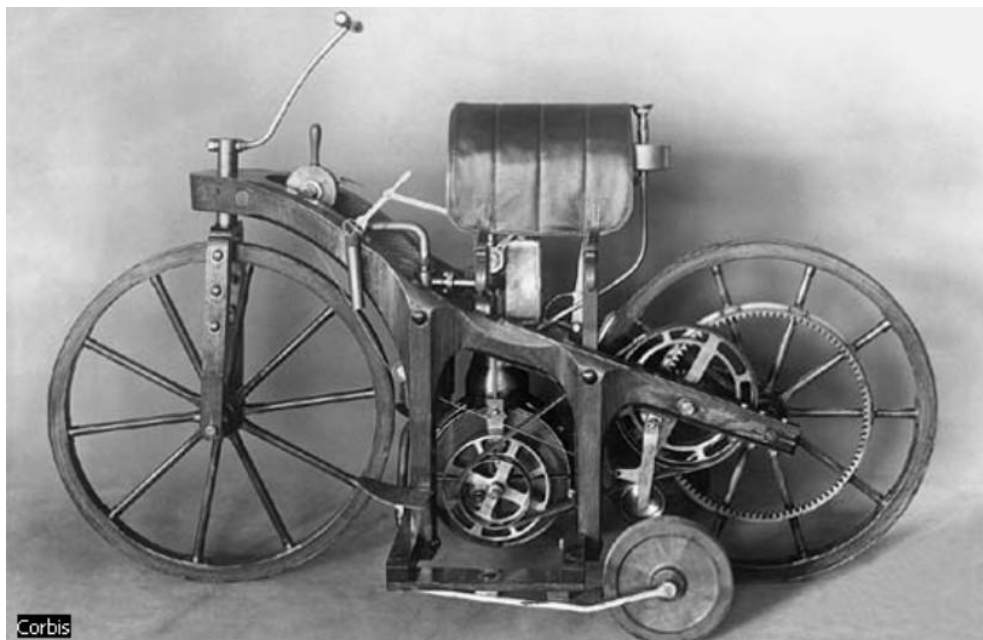


Figura 3.2: Primera motocicleta mundial, obra de Golttlieb Daimler

3.2 El difícil desarrollo de las motocicletas en España

La primera noticia que tenemos sobre el primer vehículo movido por motor realizado en España corresponde al triciclo fabricado por el ingeniero catalán Francisco Bonet, en 1889, con capacidad para cuatro pasajeros. Su velocidad era el de una persona caminando. Los primeros paseos del triciclo por Barcelona crearon expectación, y la gente de la calle no dudó en empujarle cuando algún repecho le impedía seguir la marcha.

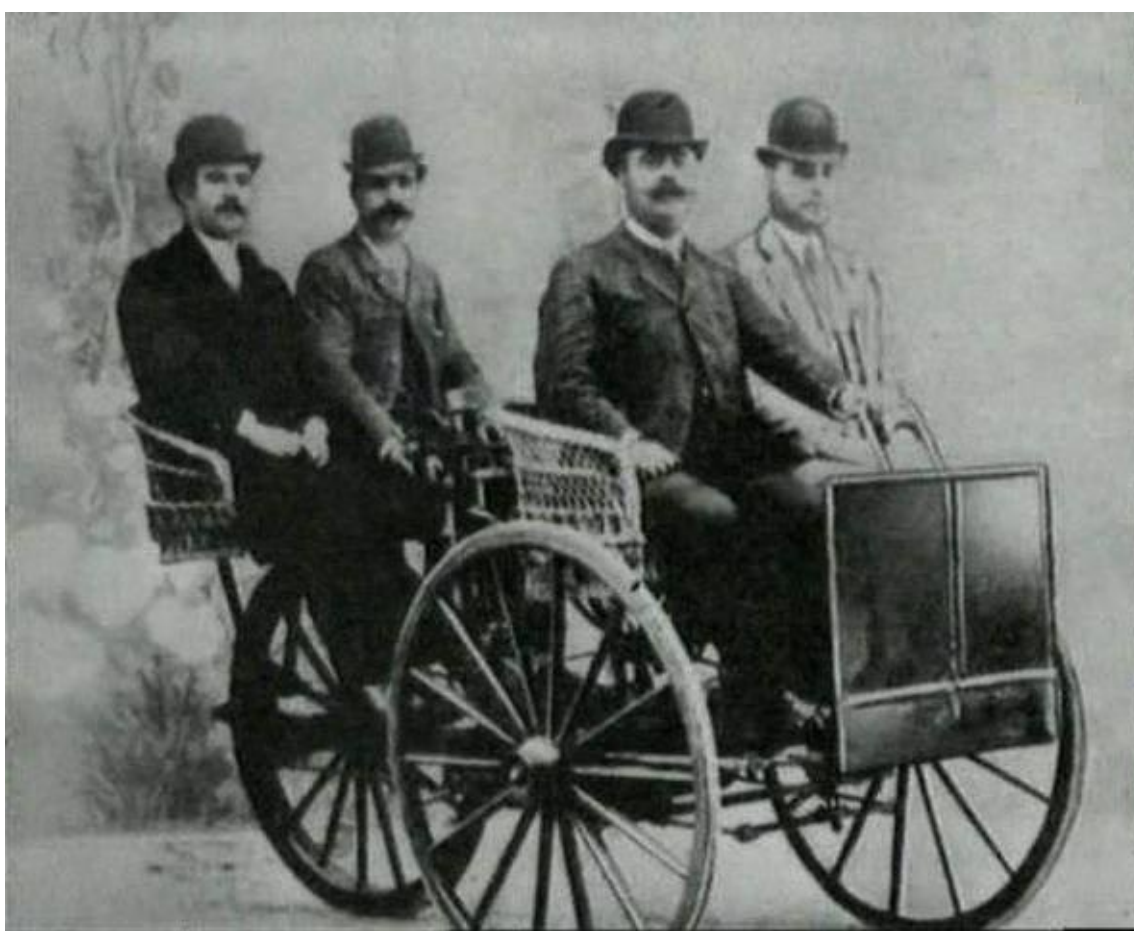


Figura 3.3: Triciclo autopropulsado de Francisco Bonet, 1889.

Pero no es hasta principios del S.XX cuando aparecen los primeros prototipos de motocicletas españolas. En 1901, Antrax en Barcelona, presenta un prototipo de motor de petróleo para incorporar a las bicicletas, y Yais en Zaragoza, que incorporando rectificaciones a un motor inglés llegó a alcanzar los 50 Km/h. Pese a la novedad, estos prototipos no llegaron a alcanzar el proceso de fabricación.



Figura 3.4: Bicicleta con motor de petróleo. Presentada por Antrax, en 1901

La falta de una industria auxiliar y el precio de las importaciones de piezas cargadas con excesivos aranceles, hizo que fuera más rentable la importación de modelos extranjeros que la fabricación propia. La Primera Guerra Mundial, 1914 – 1918, significó el desarrollo militar de las motocicletas, utilizadas en misiones de comunicaciones, su evolución significó la aparición de los primeros velomotores con características propias que la alejaban cada vez más de la bicicleta.

Las facilidades dadas por los gobiernos europeos, como la exención de impuestos y poder circular sin carnet de conducir, significó la expansión definitiva y facilitó su fabricación masiva.

El gobierno español estuvo ajeno a estas medidas, además la ausencia de carreteras asfaltadas en todo el territorio nacional, hizo desistir a los más osados en su intento de fabricar motocicletas.

La bonanza económica que siguió a la 1ª GM, permitió el desarrollo en toda Europa de fábricas de motores y motocicletas con apoyo de sus gobiernos. Sin embargo, en España, la iniciativa correspondió a unos cuantos aficionados al motociclismo, mecánicos y pilotos que

se empeñaron en fabricar sus propios prototipos y que con más ilusión que medios, trataron de abrirse paso frente al mercado de las grandes marcas extranjeras.

Tras varios intentos fallidos por las grandes trabas derivadas de la situación política del país, no fue hasta los 50 el boom de las motocicletas en España, autentico origen del motociclismo español en lo que a popularidad y desarrollo se refiere. El primer paso se da en Madrid con Ricardo Soriano, aristócrata español que consiguió diseñar la primera motocicleta que se fabricó en serie en este país.



Figura 3.5: Primera motocicleta fabricada en serie en España, 1943.

Este modelo, conocido como “Petro de Acero”, se trataba de una moto de reducido tamaño, principal inconveniente, de la que se llegaron a producir un centenar de unidades.

Posteriormente, aparece la Soriano “tigre”, segundo modelo de la marca, que presenta algunas modificaciones técnicas. Tuvo que superar algunos problemas de abastecimiento habituales en la dura época de la posguerra, como la escasez de carburante y caucho o las restricciones eléctricas que dificultaban su fabricación, pero en menos de un año consiguió superar las 200 unidades.

Todas las Soriano se distinguieron por su simplicidad mecánica en busca de la máxima robustez y versatilidad. Estaban pensadas básicamente para su utilización en grandes ciudades, siendo una visión anticipada de los futuros scooters y motocicletas futuras.

3.3 Historia de los campeonatos de motociclismo

En este apartado, me voy a centrar en las motos deportivas o de competición de los últimos años.

Durante muchos años, una moto deportiva se denominaba a una moto sin los elementos innecesarios para rodar en circuito. A su vez, es estudiada y pensada para ofrecer las mayores prestaciones posibles, ser la más rápida, la que tenga mejor aceleración, la mayor estabilidad, mejor frenada y mayor agilidad. Uno de los mayores inconvenientes era que las carreras se hacían por la calle, con escasas medidas de seguridad y a veces con consecuencias desastrosas.

Tampoco podemos clasificar las motos por la cilindrada, ya que una 1000cc podía ser utilizada para viajes familiares, por ejemplo. Además, en el Campeonato del Mundo, la moto más grande que competía era una 500cc. Un claro ejemplo de esa época es el siguiente modelo, que describió lo que serían los chasis modernos:



Figura 3.6: Una Vincent Black Shadow Serie C, de 1954

No fue hasta 1973, que por primera vez un diseño de motocicleta para la calle era tan bueno que acababa compitiendo en circuitos. Dicho modelo, la Honda CB 750 Four, era de una marca japonesa y debido a su fácil manejo fue la semilla para las actuales motos de competición.



Figura 3.7: Moto Honda CB 750 Four, de 1973

Respecto a las Competiciones, el MotoGP, con 65 años de historia, es la competición de motor más antigua de cuantas se disputan. La primera competición anual data de 1949.

Las carreras de motos empezaron a celebrarse a principios del S.XX. Varios países acogieron entonces las primeras pruebas pioneras de motociclismo. La FICM, predecesora de la actual FIM, organizó la creación del Campeonato Europeo en 1938, siendo interrumpido por el inicio de la Segunda Guerra Mundial. Cuatro años después de la Guerra, en 1949, la FIM anunció la creación de las series internacionales de la competición de dos ruedas, el actual Campeonato del Mundo de Motociclismo.

En la primera edición del Mundial, se disputaron premio en cuatro categorías; el título de 500cc (la categoría reina), la de 350cc, 250cc y 125cc. A su vez, también tenía lugar el Campeonato de Sidecars, de 600cc, la cual rebajó la cilindrada a 500cc a partir de 1951.

Durante la década de los 50, fueron los constructores italianos los que dominaron el Campeonato en todas sus categorías, demostrando así el poderío de la industria italiana en esos tiempos. Fue durante los años 60 cuando se produjo el boom de la industria japonesa, que creció y se expandió por completo obteniendo grandes éxitos.

En el siguiente periodo, la batalla por la victoria se vio inmersa en una espiral de creciente competitividad entre constructores europeos, japoneses y estadounidenses.



Figura 3.8: Gilberto Parlotti durante el Campeonato de 1972

Después de numerosas revisiones de la normativa, cambios y restricciones en las diferentes categorías, actualmente el Campeonato del Mundo está estructurado de la siguiente manera:

Categoría	Motor	Pilotos	Escuderías
MotoGP	1000cc	20 + pilotos sustitutos	10
Moto2	600cc	20 + pilotos sustitutos	10
Moto3	250cc	25 + pilotos sustitutos	13

Tabla 3.1: Categorías del Campeonato Mundial de Motociclismo

El campeón de cada categoría se determina con un sistema de puntos que se basa en los resultados del conjunto de los Grandes Premios de la temporada. El sistema de puntos es:

Posición	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Puntos	25	20	16	13	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Tabla 3.3: Sistema de puntos actual

El calendario actual de Grandes Premios consiste en 18 carreras:

Circuito	País
Gran Premio de Catar	Catar
Gran Premio de Texas	Estados Unidos
Gran Premio de España	España
Gran Premio de Francia	Francia
Gran Premio de Italia	Italia
Gran Premio de Cataluña	España
Gran Premio de los Países Bajos	Países Bajos
Gran Premio de Alemania	Alemania
Gran Premio de Estados Unidos	Estados Unidos
Gran Premio de Indianápolis	Estados Unidos
Gran Premio de República Checa	República Checa
Gran Premio de Gran Bretaña	Reino Unido
Gran Premio de San Marino	San Marino
Gran Premio de Aragón	España
Gran Premio de Malasia	Malasia
Gran Premio de Australia	Australia
Gran Premio de Japón	Japón
Gran Premio de la Comunidad Valenciana	España

Tabla 3.2: Circuitos actuales de Grandes Premios

Los dos pilotos más destacados en la historia del motociclismo son; el italiano Giacomo Agostini con 15 títulos mundiales y 122 victorias incluidas todas las categorías, y el español Ángel Nieto con 13 títulos mundiales y 90 victorias.

De las generaciones más modernas, sobresalen el italiano Valentino Rossi con 9 campeonatos mundiales y 107 victorias, y el español Jorge Lorenzo con 4 mundiales y 54 títulos de carácter variado.



Figura 3.9: Los italianos Valentino Rossi y Giacomo Agostini



Figura 3.10: Los españoles Ángel Nieto y Jorge Lorenzo



Figura 3.11: Suzuki GSX R600, modelo actual de motocicleta de competición

4. COMPETICIÓN MOTOSTUDENT

4.1 La competición

MotoStudent nació en el año 2008 como un proyecto educativo y de competición. Como ya he mencionado anteriormente, la Competición MotoStudent es un desafío entre universidades, tanto nacionales como algunas de Brasil, Ecuador, Grecia, Portugal o Francia, que consiste en diseñar el prototipo de una motocicleta de competición de pequeña cilindrada (250cc y 4T). Seguidamente se fabricará el diseño aplicando el conocimiento y las habilidades de los integrantes del equipo, para finalmente realizar unas pruebas de evaluación y carrera en pista de todas las motocicletas.

Esta competición es promovida por la Fundación Moto Engineering Foundation (MEF) y comprende un periodo de tres semestres.

La Fundación MEF es una entidad sin ánimo de lucro y nació con el principal objetivo de impulsar el contacto y actividades de formación e innovación entre la industria del motociclismo, la Universidad y cualquier entidad relacionada con el sector. Entre sus funciones cabe destacar las siguientes:



Figura 4.1: Logo de MEF

- Tareas técnicas de investigación.
- Dinamizar la economía de la zona mediante la atracción y el impulso de nuevos proyectos de investigación.
- Concentrar servicios tecnológicos relacionados con la industria del motor.
- Convertirse en referente nacional complementario en materia de investigación y desarrollo.
- Facilitar el desarrollo de estudiantes universitarios, así como la aplicación práctica en empresas.
- Promover y desarrollar la competición internacional MotoStudent.

La competición MotoStudent permite desarrollar las habilidades adquiridas por los estudiantes durante su etapa de formación, así como innovar o plantear alternativas gracias a la gran flexibilidad de diseño que permite el reglamento.

El objetivo de los equipos integrantes, además de diseñar y fabricar un prototipo capaz de superar los test y pruebas a lo largo de la competición, es “vender” su producto al público general, como si de una firma de motos se tratara. Por tanto el desafío no es solamente un proyecto de ingeniería, sino también la creación de un modelo empresarial.

Durante las pruebas de MotoStudent, se evaluarán aspectos como la manejabilidad, aceleración, frenada, durabilidad, así como aspectos ergonómicos, estéticos, de mantenimiento, innovación y fiabilidad, tomados en cuenta en el momento de hacer el diseño.

Los prototipos serán sometidos a pruebas en banco, debiendo cumplir con los requisitos de frenado de resistencia mínimos, chasis, etc

Se llevará a cabo una prueba final a fin de evaluar las cualidades de conducción del prototipo en la pista principal.



Figura 4.2: Logo de MotoStudent

Cada proyecto se evalúa con respecto a otros proyectos que compiten para determinar la mejor moto en general.

Tanto las pruebas físicas sobre la motocicleta como la carrera en el circuito de velocidad de esta tercera edición, se realizarán en las instalaciones de MotorLand Aragón, en Alcañiz (Teruel), durante los días 2, 3, 4 y 5 de Octubre del 2014. En el siguiente apartado desarrollaré más en profundidad en qué consisten estas pruebas así como el horario previsto de las mismas. (Tabla 4.1)

4.2 Fases de la competición

Los distintos niveles a los que son sometidos los proyectos participantes son los siguientes:

➤ FASES PREVIAS AL EVENTO

Para conseguir entrar en la evaluación final de la Competición, previamente al gran evento, cada equipo participante debe cumplir una serie de fechas claves, tanto de inscripciones como de entrega de documentación, ya que no se trata sólo de desarrollar un prototipo sino también de un proyecto de ingeniería. Para ello, la Competición ha elaborado el siguiente calendario:

Objetivo	Fecha inicio	Fecha fin
Preinscripción	28 de Enero de 2013	1 de Marzo de 2013
Inscripción	4 de Marzo de 2013	30 de Junio de 2013
Datos del equipo	1 de Octubre de 2013	31 de Octubre de 2013
Modificación integrantes equipo	30 de Junio de 2013	31 de Diciembre de 2013
Estructuración del Equipo	1 de Enero de 2014	31 de Enero de 2014
Justificación de matriculación de alumnos	1 de Enero de 2014	31 de Enero de 2014
Declaración de fabricación y conformidad con el reglamento	1 de Febrero de 2014	28 de Febrero de 2014
Datos del piloto	1 de Marzo de 2014	31 de Marzo de 2014
Presentación de diseño cerrado	1 de Marzo de 2014	31 de Mayo de 2014
Material para acreditaciones	1 de Mayo de 2014	31 de Mayo de 2014
Entrega de proyecto completo	1 de Septiembre de 2014	30 de Septiembre de 2014
Entrega de presentaciones	Por publicar	Por publicar
Evento	2 de Octubre de 2014	5 de Octubre de 2014

Tabla 4.1: Calendario y plazos de documentación

➤ VERIFICACIONES TÉCNICAS PREVIAS

Para que los prototipos puedan participar en la siguiente fase de la Competición deben cumplir unos requisitos mínimos de seguridad, resistencia, dimensional y funcionamiento, exigidos en el Reglamento Técnico General, como veremos en el Apartado 5.1.2.

Estas pruebas se realizan en un banco y consisten en:

- Prueba de resistencia de chasis.
- Prueba de frenada.
- Prueba de ruidos.
- Prueba de arranque y parada.
- Prueba de maniobrabilidad a derechas e izquierdas.

Los recambios que incluya cada equipo también son verificados.

➤ FASE MS1

En esta fase los equipos deben mostrar y explicar el diseño del prototipo realizado y un proyecto de industrialización para su producción en serie. Los proyectos son evaluados desde el punto de vista industrial como un modelo de proyecto empresarial, teniendo en cuenta aspectos como el costo, el diseño, la innovación, presentación...

El proyecto de industrialización deriva del prototipo diseñado con las mínimas adaptaciones posibles para su fabricación en serie. Debe cubrir una producción de 600 unidades anuales y un coste de fabricación máximo de 4.750€, e incluir un planteamiento detallado de la infraestructura de empresa, gastos financieros, componentes, amortización, manos de obra directa y por último, la repercusión.

La puntuación máxima que se puede obtener en esta fase es de 500 puntos, distribuidos en 5 apartados independientes, como muestra la Tabla 4.2.

Presentación	Aspecto	Puntuación
Diseño e Innovación	A. Diseño del prototipo	75
	B. Análisis y cálculos técnicos	125
	C. Proyecto de Innovación Tecnológica	100
Industrialización	D. Definición del sistema de fabricación e industrialización	125
	E. Análisis de costes de desarrollo y proceso industrial de fabricación en serie	75
	TOTAL	500

Tabla 4.2: Puntuación de la fase MS1

Las dos presentaciones se defienden ante un jurado de expertos del sector profesional y los premios otorgados en esta fase son:

- El mejor proyecto industrial: Premio valorado en 6.000€
- Dos accésits, mejor diseño y mejor innovación tecnológica: Valor de 3.000€

➤ FASE MS2

Esta es una fase de validación experimental, donde los equipos deben demostrar la calidad de actuación de sus prototipos superando distintas pruebas en circuito.

La Organización facilita 40 minutos de entrenamientos libres durante la prueba de evaluación de prestaciones y otra tanda de 40 minutos también de entrenamientos cronometrados. Con esta última sesión se establece el orden en la parrilla de salida en la carrera final.

La carrera final de velocidad, se lleva a cabo sobre una longitud mínima de 35Km. y una duración de 20 minutos + 1 vuelta al circuito. Al finalizar, las motocicletas son nuevamente inspeccionadas por la Organización.

En esta segunda fase se juegan los 500 puntos restantes, distribuidos de la siguiente manera:

Aspecto	Puntuación
A. Pruebas dinámicas	250
B. Carrera	250
TOTAL	500

Tabla 4.3: Puntuación de la fase MS2

Los premios que se otorgan, son para las tres primeras motos clasificadas en esta fase MS2:

- 1er premio: valorado en 6.000€
- 2ª premio: valorado en 3.000€
- 3er premio: valorado en 1.500€

Como resumen de este apartado, se representan las fases de la Competición en el siguiente esquema:

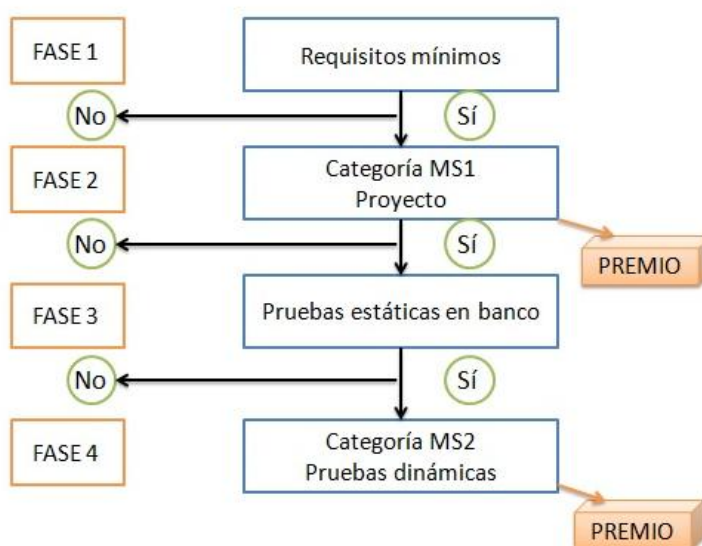


Figura 4.3: Fases de la Competición MotoStudent

Para concluir el apartado, se adjunta el horario del evento:

Jueves 2 de Octubre de 2014	
9:30h – 20:00h	Recepción de equipos, asignación de boxes y entrega de acreditaciones.

Viernes 3 de Octubre de 2014	
9:30h – 10:30h	Visita del jurado a los boxes de los equipos.
9:30h – 14:00h	Verificaciones estáticas de seguridad y en banco: Box Técnico.
11:00h – 13:40h	MS1 Presentaciones: Pisos Box A-F.
16:00h – 18:40h	MS1 Presentaciones: Pisos Box G-Z.
16:00h – 19:00h	Verificaciones Administrativas para pilotos: oficina PGO.
16:00h – 18:00h	MS2 Prueba 4 de mecánica: Box de cada equipo.

Sábado 4 de Octubre de 2014	
8:00h – 10:00h	Verificaciones Administrativas para pilotos: oficina PGO.
9:00h – 11:00h	Verificación dinámica de seguridad en pista y test de prensa: Zona de pruebas en Paddock y Circuito de Velocidad.
10:30h – 11:00h	Briefing pilotos Fase MS2.
11:30h – 14:00h	MS2 Pruebas 1, 2 y 3 – Primera tanda: Recta de meta.
16:00h – 18:30h	MS2 Pruebas 1, 2 y 3 – Segunda tanda: Recta de meta.
20:30h	Gala de entrega de premios MS1.

Domingo 5 de Octubre de 2014	
9:30h – 10:00h	Foto de grupo con todos los equipos y Organización: Recta de meta.
10:00h – 10:40h	MS2 Entrenamientos libres (Prueba 5).
12:10h – 12:50h	MS2 Entrenamientos cronometrados (Prueba 6).
14:20h	Apertura de Pit Lane – Formación en parrilla.
14:32h	MS2 Carrera (20 min. + 1 vuelta).
14:55h	Parque cerrado (Box Técnico).
15:05h	Pódium y entrega de premios MS2.

16:00h – 18:00h	Devolución de llaves, fianzas y transponders.
17:15h – 18:00h	Reportaje de prensa de las 3 motos ganadoras.

Tabla 4.4: Horario del evento

4.3 Equipos participantes

El indicador más destacado de la buena marcha y la consolidación de esta competición, es el aumento progresivo en cada edición del interés y presencia de universidades extranjeras.

En el momento de la elaboración del presente proyecto, la competición cuenta con la confirmación de los siguientes participantes:

Universidad	País
Universidad de Burgos	España
Universitat Politècnica de Catalunya	España
Universidad de Córdoba	España
Universidad de Huelva	España
Universidad de La Rioja	España
Universitat de Lleida	España
Universidad Pública de Navarra	España
Universidad de Oviedo	España
Universidad del País Vasco	España
Universidad Politécnica de Madrid	España
Universidad de Sevilla	España
Universidad de Zaragoza	España
Universidade Federal de Campina Grande	Brasil
Escuela Politécnica del Ejército	Ecuador
Aristotle University Of Thessaloniki	Grecia
Instituto Superior Técnico	Lisboa
Ecole Nationale d’Ingénieurs de METZ	Francia

Tabla 4.5: Equipos participantes

4.4 El Equipo ETSIIT-UPNa Racing

En esta tercera edición, el interés mostrado por alumnos de diferentes carreras en un principio fue muy alto, unos por curiosidad y otros con la decisión tomada, llegando a elaborar una lista inicial de 42 estudiantes.

Con el transcurso del tiempo, tan sólo 9 estudiantes han mantenido su compromiso con el equipo hasta el final de la Competición, por tanto el equipo quedó configurado de la siguiente manera:

Nombre	Titulación	Proyecto
César Díaz de Cerio García	Tutor	Dirección del Proyecto
Germán Idoate Gil	Grado IM	Integración, diseño mecánico y maquetación
David Aisa Egea	IMAC	Diseño del bastidor: Parte Fibra de Carbono
Diego Armando Rojas Cajas	IMAC	Diseño del bastidor: Parte Aluminio
Jonathan Garrido Obregón	II	Diseño del basculante
Amaya Azcona Jimeno	II	Fabricación del prototipo
Joseba López Vidarte	Grado IM	Diseño Eléctrico y Electrónico
Hugo Martínez Irurozqui	II	Plan de Industrialización
Iñaki Zaragüeta Vidal	Grado IM	Aerodinámica, alimentación y escape
Jaime Sainz Goñi	Grado IM	Seguridad, Salud y Ergonomía

Tabla 4.6: Equipo de la UPNA

4.5 ¿Qué aporta la Competición MotoStudent?

Entre las múltiples ventajas y aportaciones que se desprenden de la Competición MotoStudent, destacan:

➤ A los estudiantes:

- Llevar a cabo un proyecto real con los compromisos reales del mundo industrial:
 - Trabajo en equipo
 - Trabajar en competencia
 - Trabajar bajo un presupuesto ajustado
 - Trabajar con un calendario y plazos
- Trabajar en estrecha relación con las empresas e instituciones directamente relacionadas con la competición de motos de carreras de clase mundial
- Aprovechar las ventajas de los grados de libertad que los programas de ingeniería tienen (créditos de libre elección, proyectos fin de carrera, etc) para integrarlos potenciando su curriculum.
- Manejar los sistemas más avanzados en diseño y análisis para llevar a cabo un proyecto real

➤ A las Universidades:

- Integrar el trabajo académico con el desarrollo de habilidades prácticas de los estudiantes
- Aumentar la conexión y el intercambio entre la Universidad y la industria

- Proporcionar al mundo industrial y de la competición de las dos ruedas ingenieros-estudiantes con perfiles de rápida integración en la realidad industrial.
- Mantener, reforzar y ampliar las relaciones con las universidades que participan en otros foros académicos
- Utilizar MotoStudent como una herramienta de aplicación de las recomendaciones de Bolonia

➤ A la Industria:

- Jugar con el mejor escenario para probar sus productos
- Tener una relación directa con la universidad y sus estudios
- Hacer frente a la mejor fuente de jóvenes ingenieros
- Mostrar su marca en una competición de nivel mundial

5. DATOS DE PARTIDA

En este apartado, voy a hacer un repaso por las diferentes normativas y elementos condicionantes del proyecto, extrayendo toda aquella información relevante para el desarrollo del mismo. Esto, junto con los elementos heredados y la experiencia de las anteriores participaciones de la UPNA en la competición MotoStudent, será nuestro punto de partida para esta nueva aventura.

5.1 Reglamento de la competición MotoStudent

En primer lugar, analicemos el reglamento entregado a cada equipo por los propios organizadores. Divididos en dos secciones claramente diferenciadas, encontramos tanto la normativa relativa al proceso administrativo (inscripciones, plazos,...), como todas las condiciones y especificaciones técnicas que el prototipo debe cumplir.

Aunque a priori parezca que estos reglamentos limitan mucho la libertad de diseño y fabricación, en realidad existe un amplio margen a la hora de tomar decisiones, eso sí, todas estas normas son de carácter estrictamente obligatorio.

5.1.1 Reglamento administrativo

FECHAS A RECORDAR

- Periodo de preinscripción: desde el 8 de enero de 2013 al 1 de marzo de 2013.

Para realizar la preinscripción los equipos deben rellenar el formulario del Anexo1 del presente documento.

- Periodo de inscripción: desde el 4 de marzo de 2013 al 30 de junio de 2013.

Para realizar la inscripción, se debe rellenar la hoja del Anexo 2 indicando los datos de contacto e identificación de los estudiantes que conforman el equipo.

- El resto de calendario y plazos ya se reflejaron en la Tabla 4.1.

TASAS

- La tasa de inscripción por quipo es de 2.450€ + IVA. Esta cuota cubre a los 7 integrantes obligatorios, y se debe abonar 250€ + IVA por cada integrante adicional.
- Las tasas no son reembolsables.

DERECHOS

- La inscripción da derecho a los alumnos a participar en el desarrollo de la Competición, y acceso a los componentes y servicios que la Organización pone a disposición de los equipos.
- Una vez presentada la documentación, la Organización adjudica un nombre de usuario y contraseña, de forma que el equipo pueda acceder a la información técnica digital de los componentes suministrados.

DOCUMENTACIÓN

- Toda la información y documentos deben ser presentados en los idiomas oficiales de la Competición, que son el inglés y el español.

INCUMPLIMIENTO

- El incumplimiento de alguna norma impuesta por la Organización, así como por el personal de recinto del Evento, puede ser motivo de sanción.
- La Organización puede confiscar en cualquier momento la moto que reiteradamente no cumpla con las normas.

REQUISITOS

- La participación está limitada a estudiantes universitarios de grado o postgrado, o estudiantes de Formación Profesional.
- El número máximos de equipos participantes es de 40.

- Cada universidad puede presentar más de un equipo.
- Cada equipo sólo puede presentar un proyecto y un prototipo.
- Cada equipo debe tener un asesor docente, que debe acompañar al equipo en la Competición y es el máximo responsable. Puede aconsejar pero no puede diseñar nada ni participar en el desarrollo de la documentación y presentación.
- Cada equipo tiene un mínimo de 7 participantes, que deberán llevar identificación que incluya el nombre de Centro o Universidad a la que pertenecen, y serán los únicos que podrán acceder al parque de trabajo.
- Cada equipo presentará un piloto, que tendrá los mismos derechos y obligaciones que los integrantes. No deberá pagar cuota y deberá ser mayor de edad (18 años).
- Las motocicletas deben ser diseñadas y fabricadas por los estudiantes sin participación directa de profesionales. Para asegurar esto, deben presentar un certificado de fabricación. Los equipos pueden usar cualquier tipo de literatura, conocimiento e información.
- Antes del Evento, se debe entregar el proyecto completo definitivo en formato PDF y el de la presentación en PowerPoint.

PREGUNTAS

- Los equipos pueden remitir cualquier pregunta o duda que tengan a las direcciones facilitadas. La Organización contestará a todas las que la normativa no de alcance. A su vez, irá actualizando una FAQ que reflejará las cuestiones que vayan recibiendo.

FASES DE LA COMPETICIÓN

- Este punto ya se vio en detalle en el Apartado 4.2 de este documento.

5.1.2 Reglamento técnico

- Ante un incumplimiento de requisitos y restricciones técnicas, deberá ser corregido y vuelto a evaluar antes de cualquier prueba del Evento.
- Una vez superadas las verificaciones técnicas y dinámicas, está prohibida cualquier modificación de la moto sin supervisión de la Organización.

DISEÑO

- Los requisitos dimensionales que exige la Organización son:
 - Anchura mínima entre los extremos de los semimanillares: 450mm.
 - Ángulo mínimo de inclinación lateral: 50°.

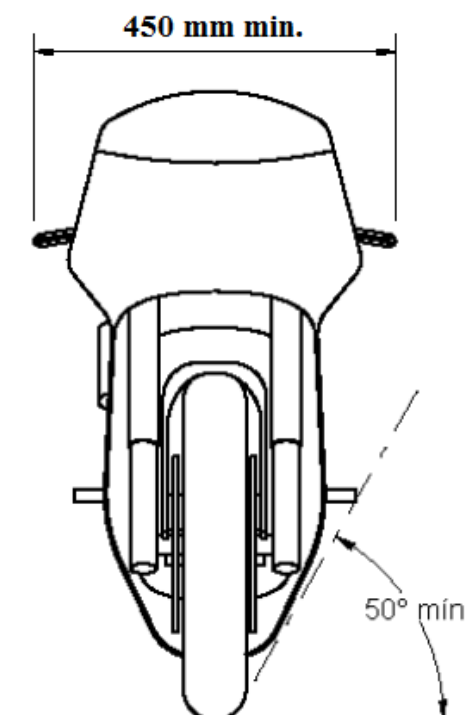


Figura 5.1: Dimensiones frontales de la motocicleta

- Distancia libre al pavimento en cualquier situación: 100mm.

- Límite frontal: Ningún elemento puede sobrepasar la vertical frontal.
- Límite posterior: Ningún elemento puede rebasar la vertical posterior.
- Entre la altura del asiento y la parte más elevada del colín: máx. 150mm.

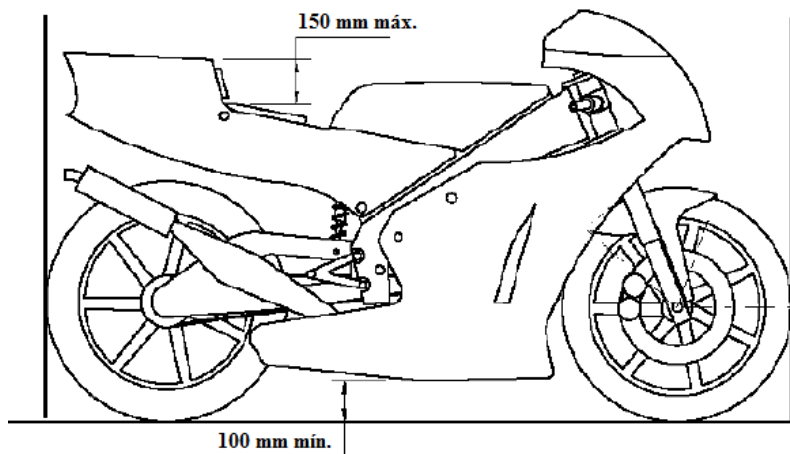


Figura 5.2: Dimensiones laterales de la motocicleta

- Los neumáticos deben tener una distancia mínima de 15mm a cualquier elemento de la motocicleta en toda posición de la misma.
- Anchura máxima del asiento: 450mm. Ningún otro elemento del asiento hacia atrás (excepto el escape) puede sobresalir de esa anchura.
- Anchura máxima del carenado: 600mm.

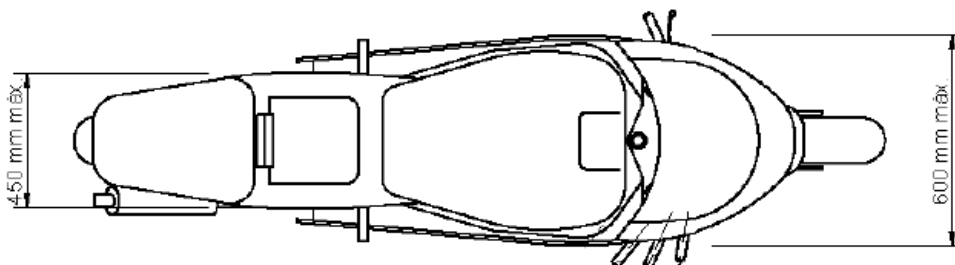


Figura 5.3: Dimensiones en planta de la motocicleta

PESO

- Peso mínimo de la motocicleta sin piloto: 95 Kg.
- En cualquier momento del Evento, el peso total (incluyendo al menos 1 litro de combustible en el depósito) no debe ser inferior al peso mínimo.
- Está permitido el uso de lastre (móvil o fijo) para alcanzar el peso mínimo siempre que sea declarado a los comisarios técnicos.

ERGONOMÍA

- Se permite la instalación de elementos de mando regulables.
- Los elementos, símbolos e indicaciones en los mandos y display deben ser perfectamente legibles en la posición de conducción.
- La posición normal de conducción (no de máxima velocidad) está comprendida por los siguientes ángulos:

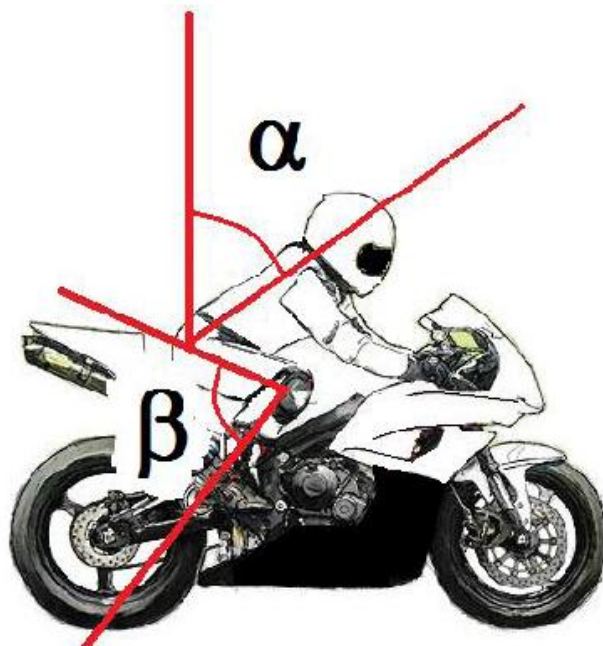


Figura 5.4: Ángulos ergonómicos del piloto

Donde: α : Ángulo de la espalda con la vertical. Entre 19° y 40°.

β : Ángulo de flexión de rodillas. Entre 65° y 77°.

ELEMENTOS

- Se deben utilizar los elementos entregados por la Organización (Ver Apartado 5.1.3) sin manipulación alguna para que todos los equipos partan de la misma situación.
- El resto de especificaciones de los demás elementos los veremos en el Apartado 7.3.1.

IDENTIFICACIÓN Y DORSALES

Cada motocicleta debe llevar en el carenado 3 dorsales identificativos.

- El número delantero debe estar colocado en la parte frontal del carenado.
- Debe figurar un dorsal en cada lateral del colín.

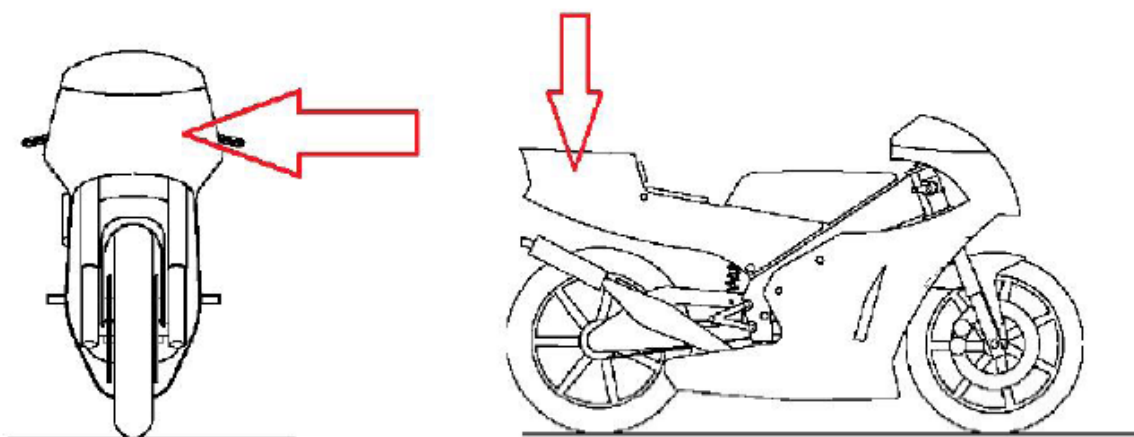


Figura 5.5: Localización de dorsales

- La separación mínima entre caracteres es de 10mm, y las medidas de cada carácter son 140mm de alto y el grueso mínimo del trazo de 30mm.

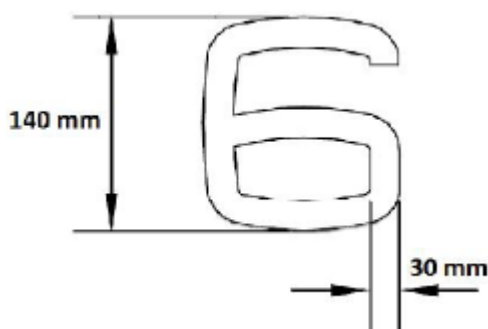


Figura 5.6: Dimensiones de los caracteres del dorsal

- Los números deben ser negros y el fondo blanco.
- Se debe dejar espacio en la parte frontal y en cada lateral del carenado para incluir los logotipos de la Organización.

5.1.3 Componentes estándar aportados por la Organización

Como ya se ha mencionado anteriormente, la Organización cede una serie de elementos estándar comunes a cada equipo, con el fin de unificar criterios. Estos componentes que a continuación describiré, son de obligatoria implantación en la motocicleta presentada y muy pocos permiten su manipulación para optimizar su rendimiento.

➤ MOTOR

El motor o propulsor es el corazón de la motocicleta, es el componente principal encargado de suministrar la energía necesaria para el funcionamiento del prototipo. El aportado por la Organización se trata de un motor Sherco SE 250i (Figura 5.7), cuyas características principales se recogen en el Anexo 3.

El motor se entrega a cada equipo totalmente sellado y está prohibida su manipulación interna, sin embargo, el sistema de inyección puede ser el proporcionado por la Organización, cuya marca es Magneti Marelli, o un sistema de carburación o inyección diferente.



Figura 5.7: Motor aportado por la Organización

➤ SISTEMA DE SUSPENSIÓN

La Organización suministra tanto la suspensión delantera (horquilla delantera) como la suspensión trasera (muelle – amortiguador). Estos componentes son distribuidos por la marca Yamaha y es obligatoria la integración de ambos en la motocicleta.

Algunos aspectos pueden ser modificados en el amortiguador, pero está prohibido emplear componentes distintos a éstos, a excepción del muelle posterior que puede cambiarse completamente.

Las características dimensionales y funcionales de estos elementos se encuentran recogidas en el Anexo 4 de este documento.



Figura 5.8: Suspensión delantera y trasera

➤ NEUMÁTICOS

Los neumáticos son un elemento que podrían marcar grandes diferencias entre equipos, por tanto, es otro componente que distribuye la Organización para su uso obligatorio, sin embargo, se puede intercambiar por otros del mismo proveedor. Los neumáticos proporcionados es un juego de slicks de seco, pero en caso de lluvia el día del Evento, la organización entregará los neumáticos pertinentes.



Figura 5.9: Neumático delantero

➤ LLANTA DELANTERA Y TRASERA

Las llantas (marca Yamaha) son otro elemento estándar que aporta la Organización junto con los neumáticos. Sus características se adjuntan en el Anexo 5.



Figura 5.10: Llanta delantera y trasera

➤ SISTEMA DE FRENADO

Por último, cabe destacar los componentes del subsistema de freno que también son suministrados por la propia Organización, siendo su uso totalmente obligatorio y no permitiendo la modificación ni el empleo de sistemas similares.

Entre los componentes del sistema de frenado proporcionados podemos encontrar:

- Accionamiento y bomba de freno delantero
- Pinza de freno delantera
- Bomba de freno trasera
- Pinza de freno trasera

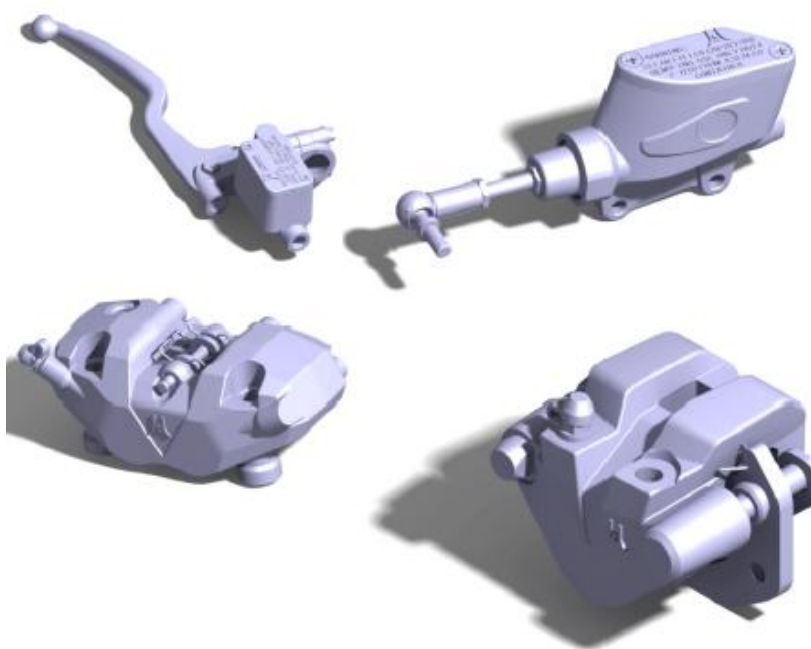


Figura 5.11: Componentes del sistema de frenado

En el Anexo 6, se adjunta la documentación relativa a estos componentes aportada por el fabricante.

5.2 Reglamento de la UPNA

El segundo gran condicionante para llevar a cabo nuestro proyecto, es el propio “reglamento” de la UPNA, es decir, las limitaciones adquiridas e impuestas por la Universidad.

Todos estos escasos pero estrictos factores se podrían resumir en tres áreas diferenciadas:

➤ TRÁMITES ADMINISTRATIVOS

Los miembros del equipo tienen que estar debidamente matriculados de los créditos correspondientes a los módulos que cursan dicho año académico.

Asimismo, deben facilitar sus datos personales para obtener autorización de uso de los espacios cedidos por la Universidad y en la Competición.

➤ PRESUPUESTO

El factor económico se puede considerar como el aspecto determinante del alcance del proyecto. La Universidad costea los gastos de inscripción y presencia en el Evento, además de reservar una cuantía (desconocida para el equipo) para la compra de materiales y fabricación del prototipo.

Para completar el presupuesto necesario, tenemos que emplearnos a fondo en reducir costes y buscar patrocinadores que aporten dinero, materiales y/o servicios.

➤ RECURSOS E INSTALACIONES

Se dispone de dos salas para el uso de los participantes, una con equipo informático donde se desarrolla el diseño y aspectos teóricos del proyecto, y la otra con herramientas y los prototipos de pasadas ediciones donde se lleva a cabo la fabricación y montaje de la motocicleta.

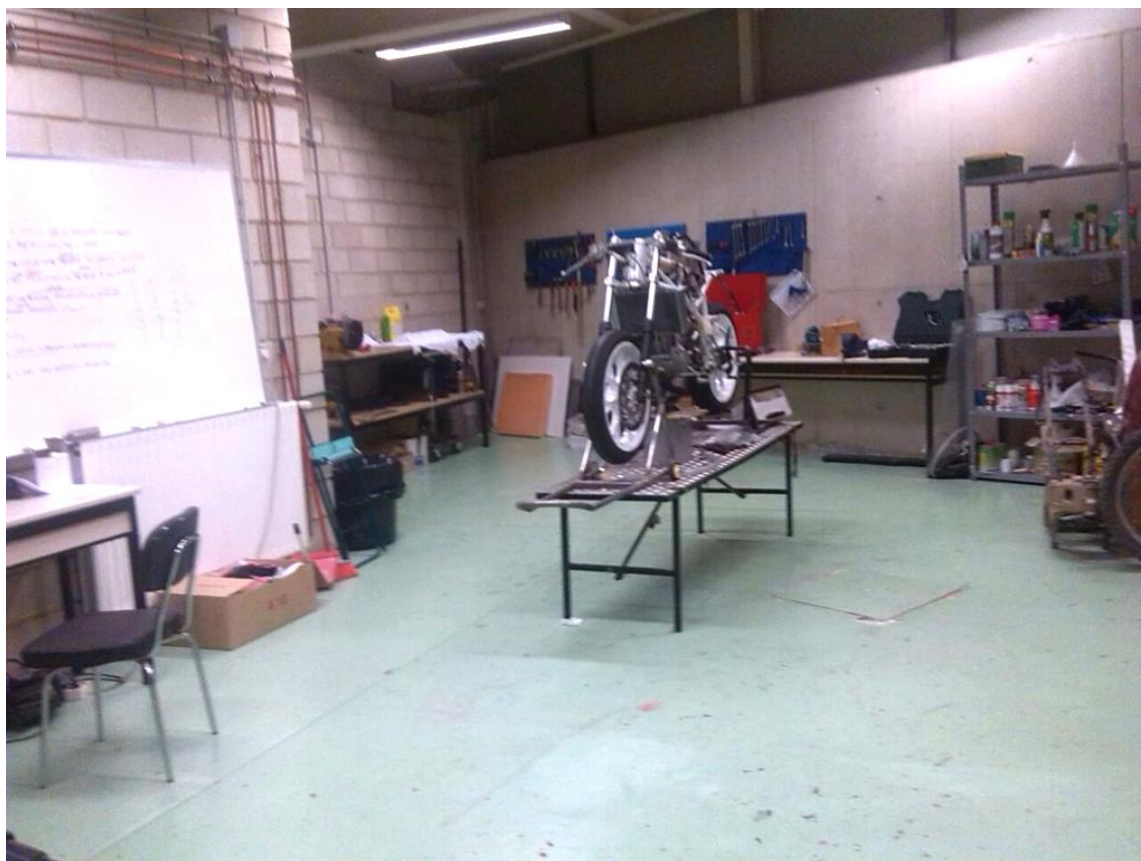


Figura 5.12: Sala-Taller del equipo ETSIIT-UPNa Racing

También, se nos permite el uso de los Talleres de la Universidad provistos con diversa maquinaria como tornos, fresadoras, dobladoras,..., siempre bajo la supervisión del tutor del equipo y la manipulación de las mismas exclusivamente por él.

Debido a la imposibilidad de realizar piezas complejas en esas instalaciones, su uso se limita a piezas simples y pequeñas, como casquillos o chapas.

Para la fabricación de cualquiera pieza, la Universidad exige cumplimentar una ficha como la del Anexo 7, para posteriormente, juntos con los planos correspondientes, entregárselos a los técnicos del taller que se encargarán de ello.

5.3 Otras fuentes de información

Además de todas las pautas citadas anteriormente, en esta tercera edición el equipo también dispone de la siguiente información y elementos de apoyo para la elaboración del proyecto.

5.3.1 Ediciones anteriores

La mayor y mejor fuente de información de la que disponemos, son los prototipos fabricados en las dos ediciones pasadas (Figura 5.13). Ese es nuestro principal punto de partida, en base a ese trabajo, nos proponemos realizar todas las mejoras posibles, tanto en materiales, como en diseño o fabricación (Apartado 6). A su vez, tenemos que implementar alguna innovación dentro de nuestra capacidad tecnológica y económica.



Figura 5.13: Prototipos de las ediciones pasadas

5.3.2 Apuntes de asignaturas e información teórica

Durante los años universitarios, hemos recopilado gran cantidad de documentos, formación teórica, bibliográfica, manuales, conocimientos y presentaciones sobre diseño, innovación, fabricación...

Todo esto, junto con la documentación de la Competición, nos ha servido de apoyo durante todo el proyecto.

5.3.3 Documento LEARNED LESSONS

Es importante leer detenidamente este documento antes de comenzar el proyecto, ya que se trata de una recopilación de errores o problemas que compañeros de otras ediciones encontraron al crear su prototipo, bien de diseño, fabricación o montaje. Por tanto, es recomendable tenerlo presente durante el desarrollo, evitando cometer los mismos fallos y buscar soluciones previas.

El Learned Lessons de la edición pasada se puede leer en el Anexo 8 del presente documento.

5.3.4 Proyecto Final de Carrera anteriores

La Universidad dispone de una inmensa base de datos con los Proyectos Final de Carrera defendidos en los últimos años. En ellos se puede obtener gran cantidad de información sobre el tema requerido; materiales, motociclismo, diseño...

Si bien todos ellos son documentos muy útiles, lo son mucho más los PFC realizados por los participantes en la Competición MotoStudent de las ediciones anteriores. Estos proyectos encajan con la distribución del trabajo del equipo, correspondiendo a cada participante un tema determinado. Sin lugar a dudas, esta documentación es de gran ayuda ya que nos permite entender cada decisión tomada para la creación del prototipo y nos abre un abanico de posibles mejoras para nuestra edición.

6. MEJORAS E INNOVACIONES DEL PROTOTIPO

Como ya he dicho en el apartado anterior, nuestro proyecto parte del prototipo fabricado en la edición anterior. Aparte de aprovechar el diseño de algunas piezas estándar que reutilizaremos, nuestro objetivo se ha centrado en introducir aspectos innovadores en la motocicleta, así como mejorar elementos para obtener mayor rendimiento o facilitar el trabajo del equipo.

Además de lo recogido en el documento “learned lessons” (Anexo 8), hemos realizado importantes cambios de los que cabe destacar:

6.1 Mejoras

Analizando a fondo la composición de la motocicleta, sus piezas y la unión entre ellas, como responsable de fabricación, he creído conveniente la modificación de dos pequeños pero importantes aspectos:

6.1.1 Unificación de la tornillería

Debido al gran número de tornillos, tuercas, arandelas...que se emplean en el montaje de la motocicleta, es imprescindible reducir al máximo el tipo de todos ellos, unificando en la medida de lo posible las características de los mismos.

Esta estandarización cobra especial importancia, tanto en la gestión de compra, como en la organización de las piezas y sobre todo en el montaje, facilitándolo al tener que emplear menor cantidad de herramientas.



Figura 6.1: Tornillos, tuercas y arandelas

Como novedad, en esta edición sustituimos las tuercas comunes por tuercas autoblocantes, que tienen insertado un freno de nailon evitando así que se aflojen con las vibraciones o movimientos, como ocurría anteriormente.



Figura 6.2: Tuerca autoblocante

6.1.2 Unión de piezas

La segunda mejora significativa también tiene por objeto facilitar el montaje, en este caso, el de los ejes de las ruedas, delantera y trasera.

La mejora consiste en fabricar el soporte de la pinza de freno y los casquillos adyacentes como si fueran una sola pieza. De esta manera aseguramos que el eje entre sin dificultad por la holgura de un agujero en lugar de tener que atravesar tres. Suprimimos así la fabricación de 4 casquillos.

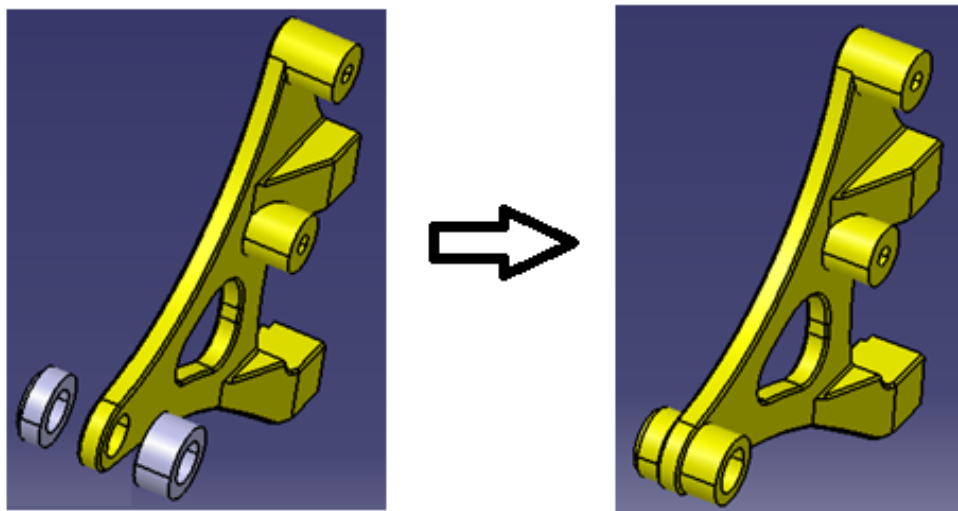


Figura 6.3: Unión de piezas en el eje delantero

6.2 Innovaciones

El aspecto más valorado en la Competición MotoStudent es la innovación, así pues, éste ha sido el punto fuerte en nuestro proyecto.

6.2.1 Material híbrido

El principal cambio que presenta el prototipo respecto a otros años y otras universidades, es el material de fabricación. Debido a las ventajas y la innovación que supone, se decidió realizar la motocicleta con material híbrido, combinando fibra de carbono y aluminio como interfaz. El estudio de las características de estos materiales se recoge en el Apartado 8 “Materiales”.

Esta decisión supuso un gran riesgo, ya que al no disponer de precedentes y conocimientos suficientes en ese momento, no podíamos asegurar el éxito en la elaboración del proyecto. En base a esto, era de esperar que encontráramos innumerables dificultades en el aprovisionamiento y en la fabricación de las piezas de fibra de carbono, como se verá más adelante.



Figura 6.4: Láminas de fibra de carbono

Como veremos, la fibra de carbono se ha utilizado para la fabricación del bastidor y del basculante, ya que al ser las partes más extensas y críticas de la motocicleta, requieren de una rigidez especial.

6.2.2 Diseño del bastidor y basculante

Este año, hemos arriesgado mucho con el objetivo de diferenciar el proyecto respecto de otros más tradicionales. No hay más que echar un vistazo al bastidor y basculante de la maqueta final de la motocicleta para darse cuenta que hemos dado un giro bastante radical a nuestra filosofía de diseño y hemos pasado de un diseño tradicional en tubos, a uno más sofisticado debido al material elegido.

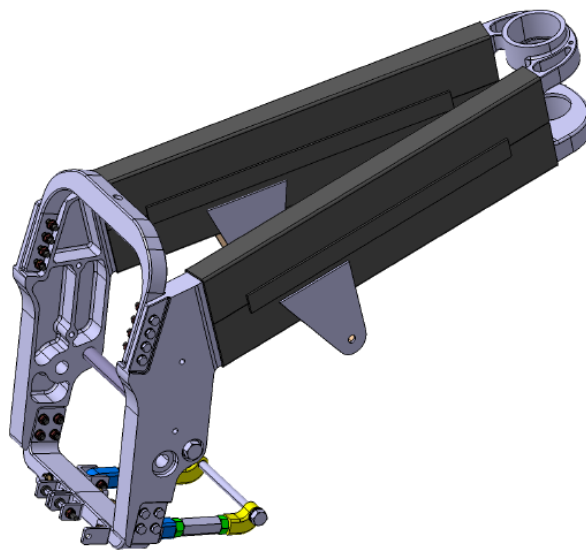


Figura 6.5: Diseño del bastidor

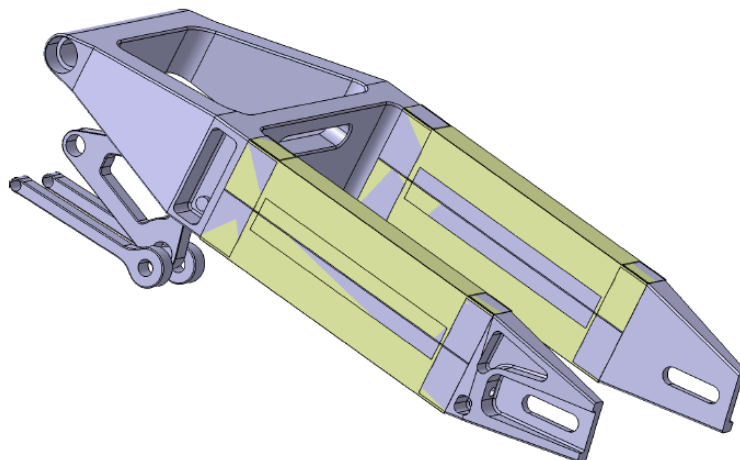


Figura 6.6: Diseño del basculante

7. ETAPAS PREVIAS A LA FABRICACIÓN

En este apartado describiré brevemente cada una de las etapas que conforman el proyecto grupal antes de llegar al tema que nos concierne, la fabricación.

7.1 Organización del equipo

La aventura comenzó en Marzo del 2013, cuando el tutor del proyecto, Cesar Díaz de Cerio, se encargó de difundir entre los estudiantes el inicio de una nueva edición de la Competición MotoStudent.

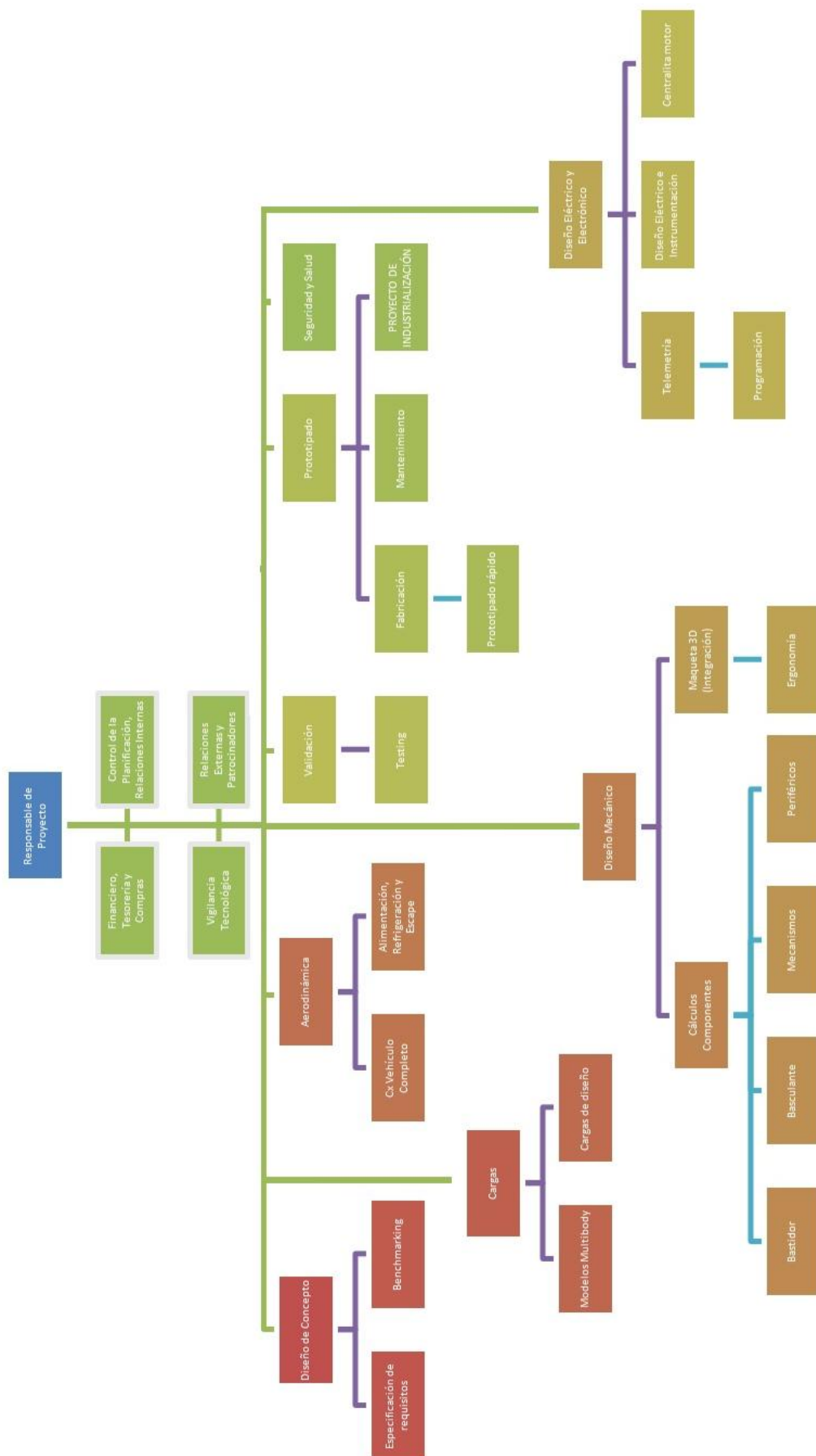
Los interesados en formar parte de este proyecto, fuimos convocados a una reunión informativa donde se explicó en qué consistía el trabajo, la metodología y el objetivo final de cara al gran Evento.

Con la lista definitiva de participantes, ver Tabla 4.6, se configuró la ficha oficial del equipo ETSIIT-UPNa Racing y se formalizó la inscripción en la Competición. Dejando aparte las gestiones administrativas, que ya se han descrito anteriormente, nos centramos en la organización interna del equipo.

El primer paso fue la asignación de proyectos, y con ello, el papel que cada participante iba a tomar en el proyecto. Para poder realizar esta repartición, el tutor, en base a su experiencia en pasadas ediciones, diseñó un mapa conceptual desglosando las distintas partes de las que se compone un proyecto de esta categoría. Este esquema se puede apreciar en la página siguiente.

Se tuvieron en cuenta varios factores a la hora de elegir el proyecto; en primer lugar el deseo o interés personal de cada estudiante por un tema concreto, y después, la disponibilidad de cada uno, la situación académica o curso que cursan, la pertenencia al Campus de Tudela, a la Upna u otro centro, etc...

Como ya se vio en el Apartado 4.4, el equipo está formado por 9 integrantes, por tanto, cada uno hemos tenido que abordar el contenido de varios proyectos individuales globalizados. La repartición definitiva está reflejada en la Tabla 4.6.



- ✓ Responsable de proyecto
 - Financiero, Tesorería y Compras
 - Control de la Planificación, Relaciones Internas
 - Relaciones Externas y Patrocinadores
- ✓ Diseño de Concepto
 - Especificación de requisitos
 - Benchmarking
- ✓ Cargas
 - Modelos Multibody
 - Cargas de diseño
- ✓ Aerodinámica
 - Vehículo Completo
 - Alimentación, Refrigeración y Escape
- ✓ Diseño Mecánico
 - Cálculos componentes
 - Bastidor
 - Basculante
 - Periféricos
 - Maqueta 3D (integración)
 - Ergonomía
- ✓ Diseño Eléctrico y Electrónico
 - Telemetría
 - Diseño Eléctrico e Instrumentación
 - Centralita motor
- ✓ Validación
 - Testing
- ✓ Prototipado
 - Fabricación
 - Mantenimiento
 - Proyecto de Industrialización
- ✓ Seguridad y Salud

Tabla 7.1: Desglose del proyecto

7.2 Planificación

El segundo paso consiste en la distribución del tiempo, haciendo una relación del orden de tareas con el tiempo previsto para cada una de ellas.

Es imprescindible una buena planificación desde el principio, tanto del trabajo de cada estudiante como del planteamiento de plazos, de manera que todas las tareas queden perfectamente definidas y acotadas en el tiempo.

A continuación se detalla nuestra previsión, indicando la cantidad de días destinados a cada tarea con su fecha de inicio y fin. El objetivo es ajustarse al máximo a este plan para poder cumplir con los plazos exigidos por la Competición y llegar al Evento con el prototipo perfectamente terminado y puesto a punto.

	Tarea	Duración	Inicio	Fin
1	Plan de bajo detalle	397 días	25/3/13	30/9/14
2	Lista de recursos del departamento IMEM	10 días	25/3/13	5/4/13
3	Gestión del proyecto: plazos y presupuesto	367 días	6/5/13	30/9/14
4	Gestión financiera e interfaz con contabilidad de la upna (tesorería)	367 días	6/5/13	30/9/14
5	Control de activos y recursos	367 días	6/5/13	30/9/14
6	Maqueta electrónica	367 días	6/5/13	30/9/14
7	Modelo dinámico completo	367 días	6/5/13	30/9/14
8	Seguridad y salud durante todas las fases del proyecto	367 días	6/5/13	30/9/14
9	Proyecto de industrialización	367 días	6/5/13	30/9/14
10	FASE -1 DEFINICIÓN DE REQUISITOS	40 días	6/5/13	28/6/13
11	Benchmarking: ktm y honda		6/5/13	
12	Definición del reglamento	20 días	6/5/13	31/5/13
13	Definición de la RD	20 días	3/6/13	28/6/13
14	Definición de las cargas	20 días	3/6/13	28/6/13

15	Modelo dinámico sencillo	40 días	6/5/13	28/6/13
16	Consolidación de colaboradores. “Contratos marco”		6/5/13	
17	FASE 0 DISEÑO CONCEPTUAL	89 días	1/7/13	31/10/13
18	Estudio ergonómico	89 días	1/7/13	31/10/13
19	Definición de materiales y tecnologías de fabricación del prototipo	89 días	1/7/13	31/10/13
20	Instrumentación y sensórica	89 días	1/7/13	31/10/13
21	Comunicaciones	89 días	1/7/13	31/10/13
22	Interfaz con piloto: mandos, ergonomía, carrocería	89 días	1/7/13	31/10/13
23	FASE 1 DISEÑO FUNCIONAL	106 días	1/11/13	28/3/14
24	Cálculo estructural bastidor	106 días	1/11/13	28/3/14
25	Cálculo estructural basculante	106 días	1/11/13	28/3/14
26	Plan de validación y realización de ensayos	106 días	1/11/13	28/3/14
27	Suspensiones	106 días	1/11/13	28/3/14
28	Aerodinámica, alimentación, refrigeración y escape	106 días	1/11/13	28/3/14
29	FASE 2 DISEÑO DE DETALLE	45 días	31/3/14	30/5/14
30	Monitorización vía micrófonos y tratamiento de imágenes	45 días	31/3/14	30/5/14
31	Telemetría, interfaz con un PC	45 días	31/3/14	30/5/14
32	Electrónica y sistema eléctrico	45 días	31/3/14	30/5/14
33	Rutados	45 días	31/3/14	30/5/14
34	Manual de mantenimiento	45 días	31/3/14	30/5/14
35	Manual de montaje	45 días	31/3/14	30/5/14
36	Informática: programación del sistema de telemetría	45 días	31/3/14	30/5/14
37	FASE 3 FABRICACIÓN PROTOTIPO	65 días	2/6/14	29/8/14
38	Prototipado rápido en Tudela	65 días	2/6/14	29/8/14
39	Utilización de los recursos del taller, sobre todo, mecanizados y soldadura	65 días	2/6/14	29/8/14
40	FASE 4 PRUEBAS	22 días	1/9/13	30/9/14

Tabla 7.2: Predicción del trabajo

7.3 Diseño de concepto

Una vez definidas todas las tareas y la repartición del tiempo, se comienza a elaborar la primera fase de todo proyecto, el diseño conceptual.

Desde este momento hasta llegar a la parte de fabricación, haré un breve repaso por las etapas llevadas a cabo previamente.

Es importante enfatizar, que pese a tener cada integrante un proyecto asociado, todos hemos colaborado en todas las etapas involucrándonos en el proyecto desde el principio. Este punto es vital ya que se trata de un proyecto integrado, en el que todas las partes al final tienen que encajar perfectamente para conseguir nuestro objetivo. Por ello, es imprescindible como encargada de fabricación, que aporte información y recursos a los diseñadores, supervisando su trabajo y asegurándome que lo que se está planteando es posteriormente fabricable, por ejemplo, y cumpla con toda la normativa. Se trata por tanto de un proyecto iterativo, en el que todos los integrantes debemos mantener una posición activa desde el primer día.

Además, hay muchas tareas a nivel de equipo donde todos debemos esforzarnos por conseguir resultados, como son el aprovisionamiento de materias primas o la búsqueda de patrocinadores. Todas las ideas y aportaciones personales son tenidas en cuenta y valoradas por el equipo.

Por último, dejar claro que el presente proyecto trata de la fabricación de un solo prototipo propio, por tanto, todo lo contenido aquí está particularizado para esta motocicleta, siendo muy diferente la fabricación de una unidad con la fabricación en serie del producto. Este aspecto afecta principalmente a los procesos de producción, como veremos más adelante.

No obstante, en el Apartado 10, se amplía este concepto incluyendo un anteproyecto de lo que sería la fabricación en serie de la motocicleta, donde se detallarán procesos de fabricación más desarrollados y comerciales.

Continuando con el diseño del prototipo, el siguiente paso a elaborar es la lista de especificaciones de requisitos.

7.3.1 Especificación de requisitos

Esta etapa consiste en identificar todos los requerimientos tanto funcionales como no funcionales del prototipo, es decir, todas las características y requisitos que debe cumplir la motocicleta.

La mayoría de especificaciones se encuentran en las distintas normativas, pero también hay que señalar las impuestas por el propio equipo, como pueden ser; facilidad de montaje, fiabilidad, fácil de fabricar, económico...

Para no hacer excesivamente tedioso este punto, voy a señalar únicamente los requerimientos que el equipo ha considerado aparte de los ya enumerados en el apartado 5.1.2 de este documento, “*Reglamento técnico*”.

Teniendo en cuenta que se trata de un proyecto complejo y que cada componente está diseñado por diferente persona, hemos decidido agrupar cada elemento en función de la parte a la que afectan. De manera que tenemos los grupos: conjunto, piecerío, depósito de combustible y uniones.

	Requerimiento	Consejo
	CONJUNTO	
1	Estabilidad en recta	Reparto equilibrado de pesos
2	Estabilidad en curva	Diseñar el basculante con la rigidez adecuada
3	Estabilidad lateral	
4	Altas velocidades	
5	Maniobrabilidad	Amortiguador de dirección en caso de comportamiento violento
6	Accesibilidad mecánica	Carenado dividido en piezas con uniones de fijación rápida
7	Aspectos innovadores	
8	Ergonomía	Sistemas de adaptación rápida de semimanillares
		Poco recorrido del mando de gas
		Adaptación rápida de estriberas

9	Capacidad de aceleración	Instalación de cuentarrevoluciones
10	Capacidad de frenada	Instalación de cuentarrevoluciones
11	Sencillez conceptual	Fijarse en cómo lo hacen las grandes marcas
12	Fácil almacenaje	Fácilmente adaptable a caballetes
13	Fácil transporte	Asideros de transporte
14	Seguridad en transporte	No elementos punzantes o cortantes
15	Agilidad en marcha	Adaptación de basculante
16	Facilidad de puesta a punto	Margen adaptación altura/offset de tijas
		Margen adaptación altura suspensión trasera
		Sistema de adaptación rápida de semimanillares
17	Elementos reutilizables	
18	Comodidad a bajas velocidades	
19	Comodidad a altas velocidades	
20	Buenas adherencia al suelo	Correcto reparto de pesos
		Elementos aerodinámicos
21	Rigidez estructural	Materiales suficientemente rígidos
22	Flexibilidad controlada	
23	Materiales adecuados	
24	Consumo de combustible adecuado	
25	Fácil acceso a rueda trasera	
26	Espacio para el reenvío	
27	Ausencia de vibraciones	Sistema de fijación de tornillos
		Silentblocks
28	Espacio para el ruteado de elementos electrónicos	Alejar los componentes electrónicos de las fuentes de calor
	PIECERÍO	
29	Diseño de caballetes de sujeción independientes	
30	Tener en cuenta el reenvío de marchas al diseñar el chasis	
31	Facilidad de puesta a punto	Caballote trasero debe permitir el tensado de la cadena mientras está colocado

		Ullajes de desmontaje de motor, basculante y horquilla
32	Seguridad	
33	No interferencias Estriberas-Basculante	
34	Suspensión trasera robusta	Casquillo de acero en vez de aluminio
		Casquillos centradores de teflón en el sistema de bieletas
35	Ergonomía	Las estriberas deben adecuarse al piloto
	DEPOSITO DE COMBUSTIBLE	
36	Salida de depósito de gasolina centrada	Colocación de la salida aguas debajo de todas las posibles trayectorias de combustible
37	Accesibilidad mecánica	Anclajes de fijación rápida
38	Espacio para airbox	Subdivisión del espacio en la zona precedente al asiento
39	Ergonómico	Colocación de entrada de combustible en zona accesible con garrafa para evitar derrames de gasolina
40	Evitar vaivenes de gasolina	Espuma retardadora de llama
41	Seguridad	Radio mínimo en bordes: 2 mm
	UNIONES	
42	Aumentar resistencia de uniones del sistema de suspensión trasera	
43	Control de vibraciones	Empleo de silentblocks
		Amortiguamiento en unión Bastidor-Radiador
		Evitar paralelismo movimiento de pistón y anclajes del motor
		Emplear los anclajes del motor como amortiguadores
44	Accesibilidad mecánica	
45	Facilidad de puesta a punto	Sistemas de regulación de altura
46	Facilidad de transporte	
47	Seguridad	
48	Ergonomía	Anclaje de asiento a bastidor regulable
		Sistema de regulación de ángulo de asiento

49	Fiabilidad	Control de la dirección del esfuerzo en la unión
		Control de topes de movimiento
		Accionamiento del manillar deben deslizar en vez de romperse
50	Espacio para el ruteado eléctrico	
51	Suavidad en elementos de unión	Elementos de lubricación
		Rodamientos siempre que sea posible

Tabla 7.3: Tabla de requerimientos funcionales

7.3.2 Benchmarking

En esta fase se realiza un proceso de documentación en el que se presentan modelos de referencia del mercado. Estos modelos que se toman como referencia son los modelos Honda RS y Aprilia RS 125cc. Con este proceso se pretende obtener unos datos de referencia fiables a partir de los cuales se pueda comenzar a trabajar. Esta técnica es utilizada por la mayoría de las empresas cuando va a crear un producto.

7.4 Diseño de componentes

A continuación, con toda la información recopilada en las anteriores fases, los diseñadores empiezan a elaborar sus primeros bocetos. Esta fase es la más larga, abarcando casi dos terceras partes del proyecto, hasta tener el diseño definitivo.

Podemos dividir la etapa de diseño básicamente en dos grandes grupos independientes pero complementarios; el diseño de los componentes eléctricos y electrónicos que se integran en el prototipo, y el diseño mecánico de piezas, consistente principalmente en el diseño del bastidor y el basculante de la motocicleta.

Estos tres proyectos han sido desarrollados por cuatro integrantes del equipo, y que a modo de resumen del trabajo elaborado, incluiré una breve descripción de los mismos en los siguientes subapartados.

7.3.1 Diseño mecánico

En ediciones anteriores el bastidor y basculante se diseñaron y fabricaron con tubos de acero. En esta edición, se decidió utilizar material compuesto ya que contamos con los conocimientos necesarios para realizarlo.

Para evitar geometrías complejas en la fibra se ha optado por hacer un diseño híbrido siendo el aluminio el material a utilizar para los componentes con dichas geometrías. De esta forma simplificamos la fabricación de los componentes de material compuesto.

Para tener una referencia se ha utilizado el bastidor y el basculante de la edición anterior, diseñados también por UPNaRacing, para comparar valores como las rigideces estructurales. Este tipo de bastidor y basculante, al igual que el método de fabricación, es completamente innovador ya que no se ha utilizado anteriormente en la competición Motostudent.

➤ DISEÑO DEL BASTIDOR

La geometría general del bastidor consta de una pipa de dirección, donde va el eje que controla la horquilla delantera, con la entrada de aire, es una pieza compleja por tanto será de aluminio. A esta pieza irán pegadas las dos vigas de fibra de carbono a las cuales también estarán pegados los dos soportes laterales del motor y al final del todo, la parte en la que se engancha el motor, el basculante y el amortiguador trasero todo ello de aluminio. Con lo cual lo único que ira de material compuesto serán las dos vigas y unos soportes que sujetarán el motor por su zona más alta.

Tras muchos diseños y ensayos, de fuerzas, rigideces...el diseño definitivo fue el que se representa en la Figura 7.1.

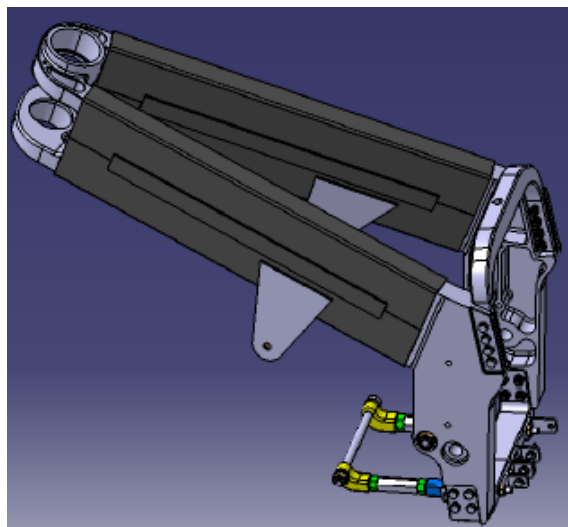


Figura 7.1: Bastidor

Desde el primer momento decidimos hacer todas las piezas parametrizadas en CATIA para así poder cambiar la geometría libremente sin tener que hacer una pieza nueva cada vez que se quiera modificar.

Ya hemos visto el diseño definitivo del bastidor, pero voy a hacer un pequeño desglose de las piezas que lo conforman, con la descripción y características más importantes de cada una de ellas:

✓ PIEZAS DE FIBRA DE CARBONO

- *VIGAS*

Estas piezas tienen una gran importancia ya que es la estructura principal de la moto y no nos podemos permitir errores.

Para poder analizar las piezas de fibra de carbono tuvimos que aprender a utilizar el programa ANSYS Workbench, y el complemento ACP, que no es más que un módulo específico para analizar piezas de materiales compuestos.

Las piezas puede que nunca fallen pero puede que lo haga el pegado, es por ello que es de vital importancia que el pegado trabaje lo mejor posible. Tras probar diferentes alternativas, comprobamos que el mejor diseño era en el que la zona de pegado era a cortante o a compresión.

Finalmente, para mejorar las vigas en cuestión de rigidez y cargas, se introdujo más material donde más se necesitaba que es en el codo de las mismas.

- *SOPORTES SUPERIORES*

Estas piezas no soportan grandes cargas, su única función es la de mantener el motor en su sitio, ya que como está planteado el bastidor, la parte superior del motor queda un tanto descolgada y con estos soportes arreglamos ese problema.

Las piezas están compuestas por dos chapas de fibra de carbono con un núcleo de madera laminada.

Las chapas de fibra irán pegadas a las vigas de fibra de carbono. El soporte derecho forma una curva para que no entre en contacto con el motor.

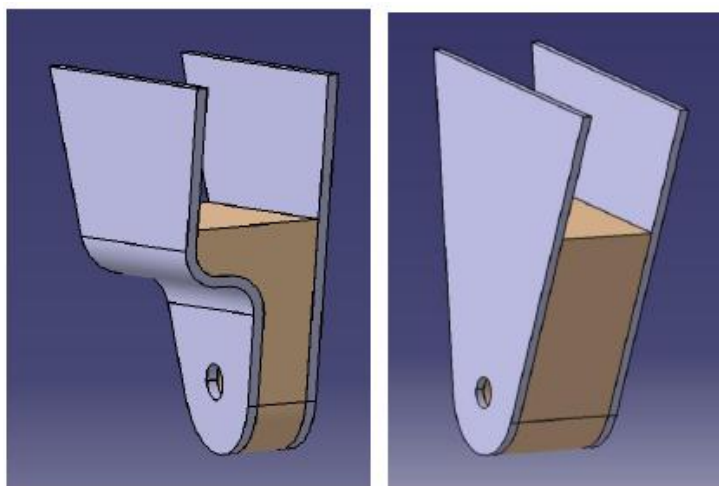


Figura 7.2: Soportes superiores del bastidor

✓ PIEZAS DE ALUMINIO

Se ha intentado que la geometría de los componentes de aluminio no sea demasiado compleja para que los costes de fabricación no sean tan altos, intentando que su peso sea el mínimo siempre y cuando el componente resista los esfuerzos a los cuales está sometido.

• PIPA DE LA DIRECCIÓN

Por su funcionalidad, dispone de un alojamiento para los rodamientos de la dirección y de una sección hueca para la entrada del airbox. Además, tiene una zona a en la cual se pegará las vigas de material compuesto.

En la superficie superior hay pequeños taladros ciegos para anclar una pequeña estructura de varillas metálicas (araña) que servirá para sujetar la parte frontal del carenado y para apoyar componentes electrónicos.

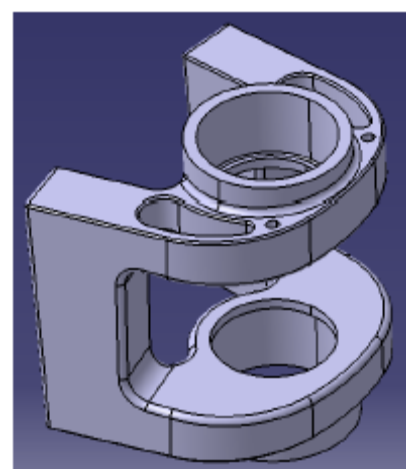


Figura 7.3: PIPA

- *SOPORTE TRASERO DEL MOTOR*

Se trata de dos componentes grandes en tamaño respecto de los demás, simétricos respecto del plano medio del bastidor. Dispone de dos agujeros cilíndricos grandes, uno para el eje en el cuál se sujeta el motor por su parte trasera y otro para el eje que sirve de unión bastidor-basculante.

Dispone también de ranuras con agujeros que servirán para anclar el soporte del muelle y el soporte de los links del rocker al bastidor mediante unión atornillada. La zona para pegar las vigas de fibra de carbono está vaciada.

Con los avances en la simulación se consiguió reducir material en las zonas que trabajaban poco. Un problema que se podía dar en este componente, es que fallase por pandeo de la zona vaciada, para solventar este problema se aprovechó los agujeros para los tornillos de anclaje de las estriberas y se dejó material en la zona vaciada formando un nervio.

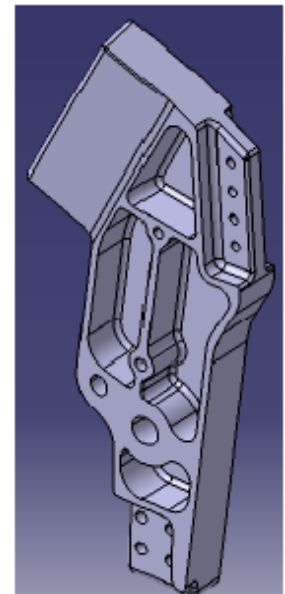


Figura 7.4: Soporte trasero

- *SOPORTE DE LOS LINKS*

Es un componente importante debido a que a él van ancladas 4 orejetas de acero, 2 que sirven para anclar los links del rocker y otras 2 para anclar el soporte-tensor inferior del motor. Así, este componente tiene que soportar el esfuerzo que le transmiten los links, y el que le transmite el motor a través del soporte inferior.

Es de una geometría sencilla, y dispone de agujeros para anclarlo al soporte trasero mediante unión atornillada.

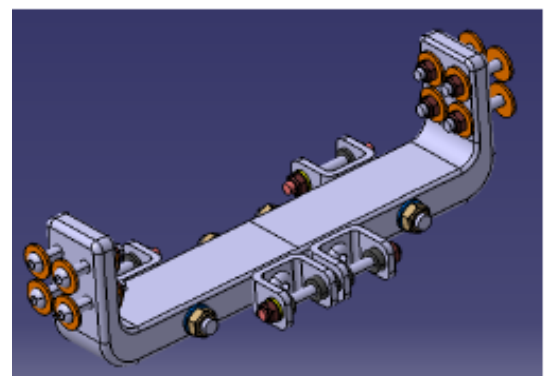


Figura 7.5: Soporte de links

- *SOPORTE DEL MUELLE*

Al igual que el soporte de los links, este componente no es de geometría muy compleja, aunque soporta una gran cantidad de esfuerzo debido a que él se ancla el muelle del sistema de suspensión trasera, por ello también es conveniente analizarlo a fatiga. Éste componente va anclado al soporte trasero del motor por unión atornillada, de tal manera que el eje para anclar el muelle esté en la dirección del amortiguador en la posición de máxima compresión de la suspensión.

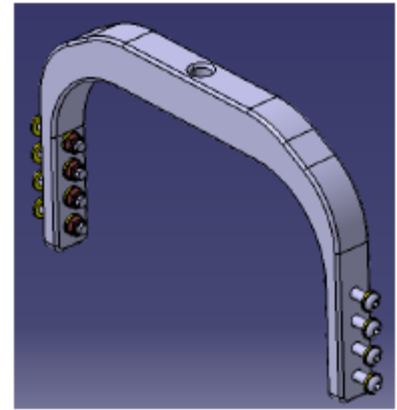


Figura 7.6: Soporte de muelle

- *SOPORTE-TENSOR INFERIOR DEL MOTOR*

Para anclar el motor por la parte inferior, se decidió diseñar un soporte que además de soportar parte del peso y de los esfuerzos debidos a las fuerzas internas del motor, sirva para introducir una precarga. Así, se reducirían los esfuerzos en los elementos de anclaje de la zona superior del motor.

La solución planteada está formada por las dos piezas de anclaje que se decidió sean de aluminio, siempre y cuando resistan los esfuerzos, 2 varillas roscadas (una a derechas y otra a izquierdas), un elemento central sobre el cual se actuaría con la llave para poder alargar o acortar la distancia entre los ejes de anclaje y las correspondientes contratuercas.

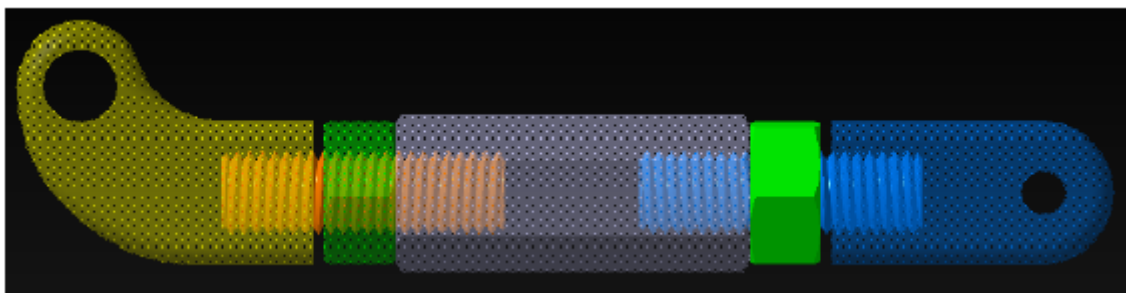


Figura 7.7: Soporte inferior

➤ DISEÑO DEL BASCULANTE

Las funciones principales de un basculante de motocicleta son de dos tipos: estáticas y dinámicas. Desde el punto de vista estático el basculante debe de ser capaz de soportar fuerzas de amortiguador, el peso del piloto, del motor, la transmisión y todos los accesorios necesarios para el correcto funcionamiento. La otra función es la que se refiere a la dinámica de la moto, el basculante, junto a otros elementos como chasis, horquilla y ruedas son los encargados de proporcionar una buena adherencia, manejabilidad y confort.

Para que la motocicleta sea capaz de seguir la dirección deseada, el basculante debe ser capaz de proporcionar una buena resistencia a la flexión y a la torsión. Además debe conseguir mantener la rueda trasera en el mismo plano que la delantera y que no se modifiquen los parámetros geométricos impuestos, ante las fuerzas a las que será sometido debido a los baches, la propia transmisión, las frenadas y las curvas.

Para un correcto diseño del basculante dividimos el diseño en dos partes principales. La primera consiste en la configuración geométrica de los elementos que unirán el eje del basculante con el eje de la rueda trasera. La función principal del basculante es unir estos puntos de forma que permanezcan invariables. Por lo tanto trataremos de realizar un basculante lo más rígido posible, sin descuidar el peso.

La segunda parte del diseño se centrará en el diseño de todos los anclajes, uniones y partes del basculante con el bastidor, rueda trasera y los elementos del sistema de suspensión (balancín y bieleta) debido a que el basculante es el encargado de soportar todas las fuerzas, estos deberán ser estudiados en detalle.

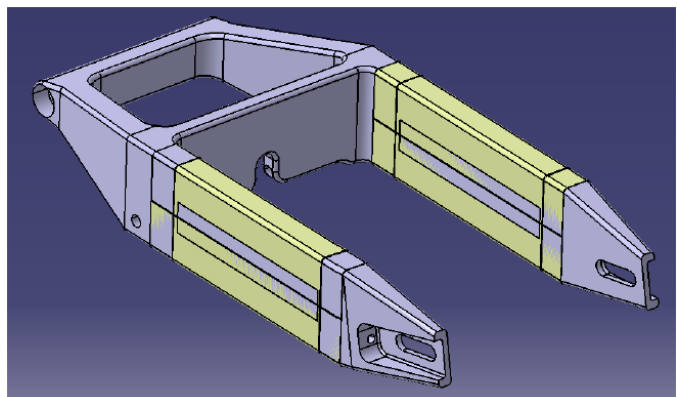


Figura 7.8: Basculante

El basculante consta básicamente de tres piezas: las vigas de fibra de carbono, el anclaje con el bastidor y el anclaje con la rueda trasera, estas dos últimas de aluminio.

- *VIGAS DE FIBRA DE CARBONO*

Se tratan de dos vigas que conforman la estructura del basculante. Son similares a las del bastidor pero con diferente medida, y su proceso de fabricación es el mismo como veremos más adelante.

Estas piezas son de vital importancia, por tanto se ha tenido un especial cuidado a la hora de diseñarlas y someterlas a los ensayos.

- *ANCLAJE CON EL BASTIDOR*

En conjunto con las personas encargadas de diseñar el chasis de la motocicleta, se toma la decisión de realizar una unión mediante un eje muy próximo al eje donde va anclado el motor.

Este modo de unión permitirá un anclaje fácil de montar y desmontar pero será una unión con posición fija, por lo que nos quitará opciones de mejora del comportamiento dinámico de la moto, solo pudiendo una vez montado todo jugar con los reglajes de la suspensión trasera para poder optimizar el comportamiento del vehículo.

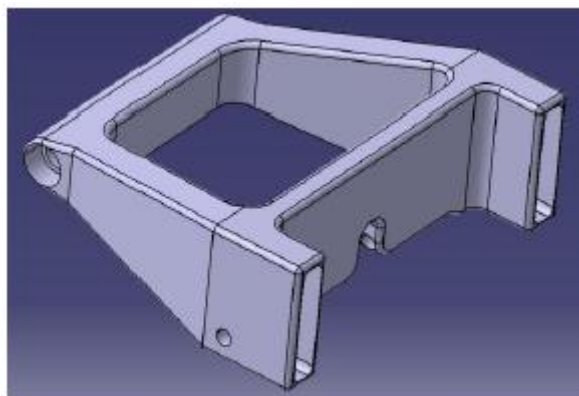


Figura 7.9: Anclaje con el bastidor

- **ANCLAJE CON LA RUEDA**

La posición de la rueda trasera conviene que se pueda modificar por varios motivos. En primer lugar, nos interesa poder variar la distancia entre ejes, que afecta al comportamiento de la moto. Al aumentarlo, la moto se vuelve más estable en recta, pero menos manejable en curva y viceversa.

El agujero hay que ubicarlo teniendo en cuenta un desplazamiento paralelo al suelo de la rueda, por lo que llevará cierta inclinación con respecto a la línea que une el eje de pivotaje con el eje de la rueda trasera.

Tras varios diseños, el anclaje queda de la siguiente manera:

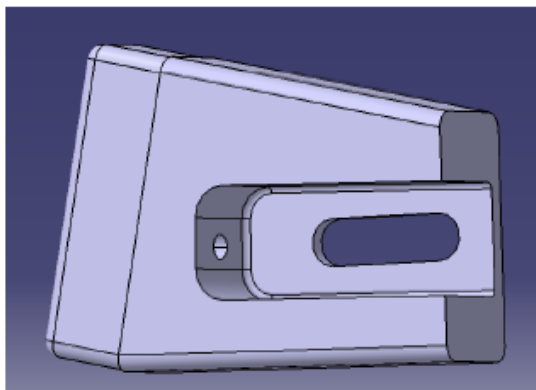


Figura 7.10: Anclaje con las ruedas

Todas estas piezas se verán en más profundidad en el Apartado 9 dedicado al a fabricación de las mismas.

El contenido aquí expuesto, se extrae de dos proyectos personales: *“Diseño de un basculante de fibra de carbono para una motocicleta de competición”* de Jonatan Garrido Obregón, y *“Diseño de bastidor de fibra de carbono y aluminio para una motocicleta de competición de 250cc y optimización de suspensión alternativa”* de David Aisa Egea y Diego Armando Rojas Cajas, diseñadores del equipo.

7.3.2 Diseño eléctrico y electrónico

El reglamento de esta edición MS 2013/2014 indica la posibilidad de adquirir la Unidad de Control Electrónico (ECU) original que acompaña al motor y la instalación eléctrica de la moto, en este caso la *Sherco SE 250i-Racing*. La compra de estos componentes se propuso como opcional. En el caso de la instalación eléctrica, ésta incluía además:

- Botón de corte de encendido.
- Regulador.
- Relé de arranque.
- Sensor de temperatura del aire.
- Bobina de encendido.



Regulador



Bobina



Relé bomba de combustible



Relé de arranque

Figura 7.11: Componentes comprados a la Organización

Por otro lado, se permite la utilización de otras centralitas y la modificación de los mapas electrónicos de las mismas. La ECU original suministrada por la Organización se trata de una centralita de la marca *Magneti Marelli*, que no admite la reprogramación del mapa de gestión del motor mediante sistemas software (SW). Por lo tanto, la labor del equipo fue encontrar la manera de modificarla y poder programar un mapa de inyección.

En un principio se planteó no comprar ni la centralita original *Magneti Marelli*, ni la instalación eléctrica ofrecida por la Organización y se propuso adquirir una centralita programable de competición. Tras una primera búsqueda en el mercado nos encontramos con varios modelos, entre ellos una *Sybele Challenger5* de *Skynam*, una *M400* de *Motec* y una *Dell’Orto DoPe ECU*.



Figura 7.12: Kit completo de gestión Sybele Challenger5 y una centralita Motec

Estas centralitas se tratan de modelos con precios elevados; superior a los mil euros en el caso de la *Motec* y la *Dell’Orto*. En esta tesitura se replantea adquirir la ECU original de *Magneti Marelli* que se nos ofertaba a un precio de 220€. La opción de comprar una centralita programable con la consiguiente complicación de una adaptación posterior al motor *Sherco*, además de su precio elevado puede llegar a suponer un alto riesgo para el funcionamiento correcto de la moto si no se realiza una adecuada programación de la misma. Se decide entonces adquirir la centralita original y buscar la manera de actuar sobre la misma.

La instalación eléctrica se decide obtenerla por otros medios. Gracias a un taller *Sherco* ubicado en Villava-Atarrabia (Navarra) conseguimos hacernos un una instalación eléctrica defectuosa a fin de arreglarla.

De esta manera reducimos los costes respecto a la compra de la instalación proporcionada por la Organización. No obstante, el taller solo proporciona el mazo del cableado y sus conectores, por lo que se necesitarán adquirir el resto de componentes que ya incluía la instalación de la Organización.

A continuación se muestra la disposición del cableado adquirido aun sin montar sobre el prototipo. Para una correcta identificación se añadieron los nombres de cada sensor y conexión al cableado mediante cinta adhesiva para posteriormente localizarlos más fácilmente en su montaje sobre el prototipo MotoStudent.

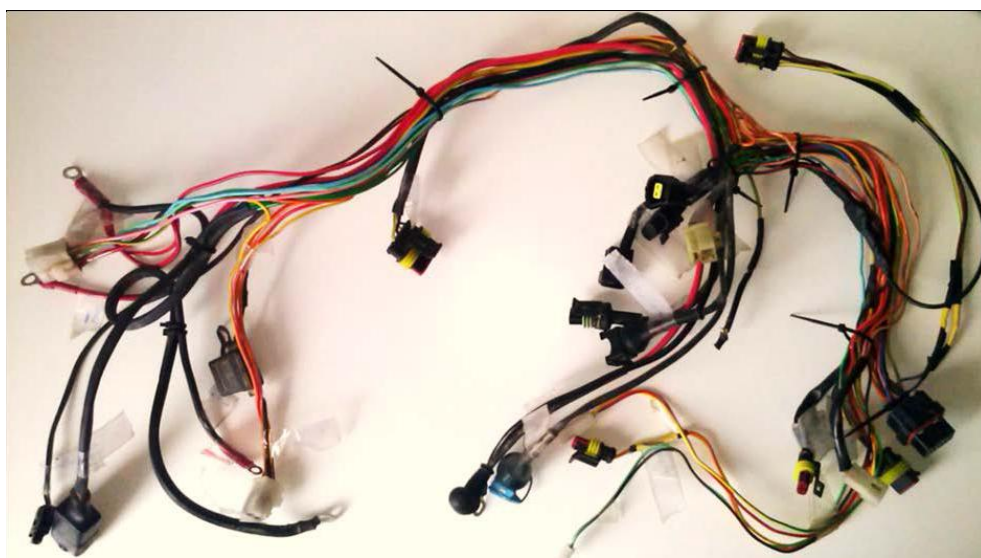


Figura 7.13: Cableado Sherco 260i-R

Una reprogramación a una centralita supone una modificación de los parámetros de funcionamiento del motor para que los cambios realizados al motor se ajusten en mayor armonía con la nueva programación de la centralita.

La reprogramación de centralitas requiere años de experiencia profesional. Esta práctica permite a los profesionales optimizaciones individuales para cada motor, ya sea para lograr una mejor economía de combustible o unas altas prestaciones de competición.

La actuación sobre los parámetros del motor permite por tanto una mejora de rendimiento que podrá ajustarse en función de las revoluciones y carga del motor.

➤ ACTUACIÓN SOBRE LA UNIDAD DE CONTROL ELECTRÓNICO (ECU)

La primera opción que se sugiere es la reprogramación de la ECU (*Electronic Control Unit*) original a través de su toma de diagnóstico. Esta comunicación con la centralita se realiza por la denominada *línea K*, que se utiliza primordialmente para la comunicación con el exterior. Se establece un flujo de datos por medio de un bus que se puede controlar desde el ordenador (PC) a través de conexiones USB o mediante un cable RS232.



Figura 7.14: Cable RS232 y Cable USB

Los talleres oficiales *Sherco* utilizan una herramienta denominada VDSTS (*Vehicle Diagnostic Scan-Tool Software*). Este SW es únicamente de diagnóstico, por lo que no permite la modificación de la cartografía de inyección.

Existe una marca comercial, *TechnoResearch*, que sí permite la modificación y calibración a través de este sistema, el producto *DirectLink (Flash-Tuner)*, nuevamente nos encontramos con un producto sumamente caro, por lo que queda descartado.

Un producto mucho más barato suministrado por *Immo Tools*, es el *Advanced Scooter Workshop*. El problema de éste, es que es una herramienta de diagnóstico, como el VDSTS.

El último recurso se basa en acceder por medios propios a la centralita, conociendo el protocolo de comunicación de la misma para poder leer los datos almacenados y escribir sobre los microcontroladores, actuando de esta forma directamente sobre los mismos. Esta opción se conoce vulgarmente como flashear la centralita. Las centralitas poseen un proceso de autenticación/encriptación que protege a la misma de accesos no autorizados, por lo que en cierta manera estaríamos pirateando el protocolo de la centralita. Este método resulta complejo ya que los fabricantes no publican sus protocolos ni códigos para las centralitas.

➤ ACTUACIÓN SOBRE LOS SENSORES

Una manera de calibrar la inyección del motor, aunque no muy recomendada por profesionales, es la de falsear las medidas obtenidas por los sensores. Una manera sencilla es la de actuar sobre la medición de temperatura, ya sea la del motor como la de la admisión.

Esta calibración se basa en poner una resistencia en serie con el sensor de temperatura, normalmente un termistor NTC. Esta actuación puede mejorar en los regímenes bajos del motor, falseando la medición para que enriquezca la mezcla, sin embargo, en regímenes altos se suele perder potencia por ir demasiado rico. Para evitar esto puede colocarse un potenciómetro e ir ajustándolo hasta alcanzar un punto de trabajo que no comprometa demasiado los altos regímenes de vueltas.

Los sistemas más avanzados permiten falsear la señal del sensor en función de las revoluciones, de modo que se realiza una mejor puesta a punto.

➤ ACTUACIÓN SOBRE LOS ACTUADORES

En este caso en lugar de actuar sobre las señales llegan a la centralita, se dispone de una centralita adicional (*add-on module*) que permite ajustar y modificar las señales de salida de la ECU original (cambios de altitudes, presión atmosférica, temperaturas, etc.).

Sin engañar la señal de entrada a la centralita original, se rectifican las señales de salida para dar mejores prestaciones a la moto y de este modo obtener un rendimiento optimizado. La centralita adicional trabaja como una centralita programable que permite su modificación a través de un software utilizando un PC o directamente sobre un monitor o *display* integrado en el hardware de la centralita adicional. Las más extendidas en el mercado son las *Power Commander* de Dynojet y las *RapidBike* de Dimsport.



Figura 7.15: Power Commander

SOLUCIÓN ADOPTADA: RAPID BIKE EVO

Las unidades Rapid Bike son un sistema completo en sí mismo, que permite el uso de un único módulo, obteniendo los mismos beneficios que con otros sistemas con varios módulos. Para un ajuste de competición, no hace falta comprar una centralita programable y sustituirla por la original de la moto, sólo es necesario comprar un nuevo cableado y actualizar el SW interno de funcionamiento de la Rapid Bike.

Son unidades adicionales especialmente desarrolladas para motocicletas que permiten una rápida recalibración electrónica de la gestión del motor sin necesidad de intervenir en el mapeado existente dentro de la unidad original. La conexión a la electrónica de origen se realiza a través de conectores y cables originales.

La Rapid Bike EVO ofrece posibilidades de control y regulación del sistema de inyección mediante una sola centralita, capaz de controlar simultáneamente los valores de inyección y la señal de la sonda lambda, manteniendo el nivel de las prestaciones a lo largo del tiempo.

Entre otras funciones destaca el cambio electrónico con posibilidad de modificar el tiempo de corte de acuerdo con el número de vueltas y posición de la marcha, y también la función de autoadaptación. La opción de autoadaptación incluye un accesorio de ampliación *My Tuning-Bike* que trabaja conectado a la línea CAN-BUS y usa una sonda lambda lineal para el auto-remapeado de la inyección en base a una relación de aire/gasolina (AFR) preestablecida.



Figura 7.16: Rapid Bike EVO & My Tuning-Bike

El módulo electrónico adicional o centralita adicional Rapid Bike EVO se instala entre la centralita de serie y los inyectores. Esta disposición, permite un control total de la inyección mediante el ajuste del AFR en los inyectores, pudiendo ajustar el valor de éste en todo el régimen de vueltas.

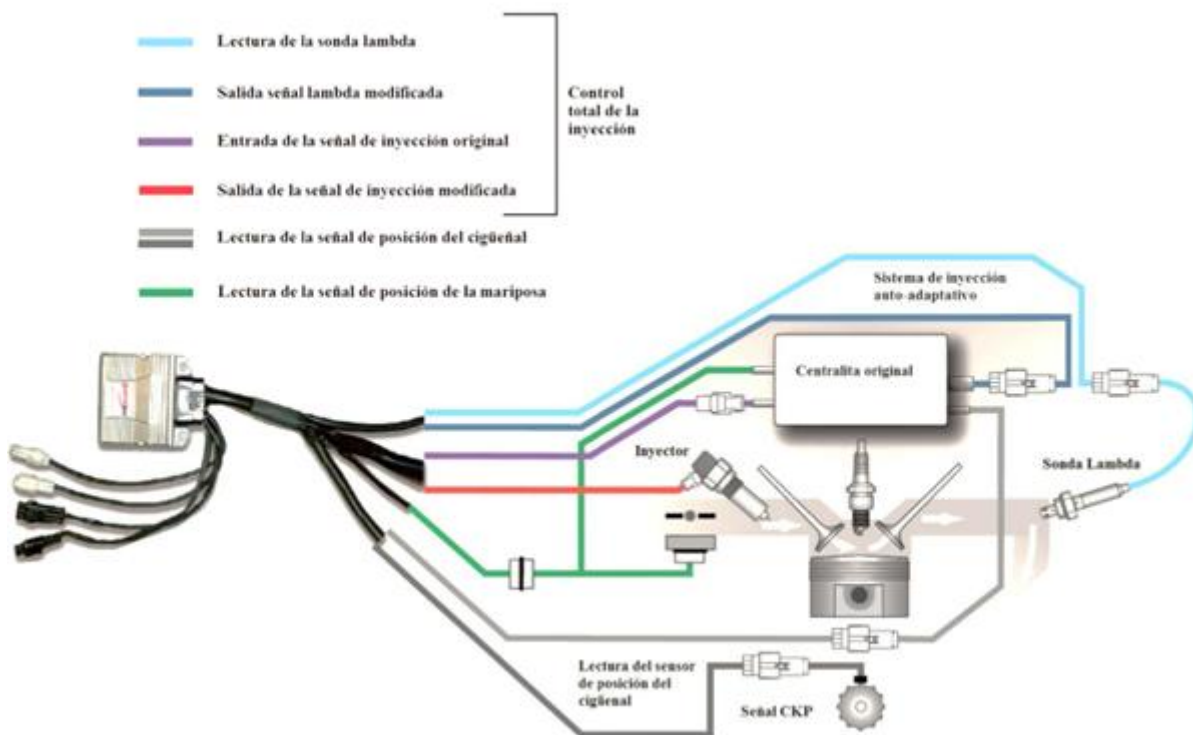


Figura 7.17: Esquema de conexionado

Por otro lado, el uso del accesorio My Tuning-Bike permite una corrección adicional al mapa de inyección mediante la utilización de una sonda lambda, y esta corrección se añade de manera automática al mapa de inyección. Como consecuencia, se obtiene una constante actualización de los valores de inyección auto-ajustándose en cada punto de trabajo. Las mejoras en este aspecto son más visibles a bajas y medias vueltas, donde las limitaciones del motor pueden ser más notables.

Rapid Bike EVO tiene la capacidad de almacenar más de un mapa de inyección, es decir, permite una gestión multimapa, no obstante se requiere de un selector de mapas no incluido con el módulo.

INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Partimos de un cableado de segunda mano. Se comprueba la continuidad eléctrica de todos sus cables y si tiene alguna imperfección en los recubrimientos. Se sustituyen los que presenten algún fallo o cuya medida no cumpla la normativa y no se ajuste a nuestro diseño.

Se utilizan tubos termo-retráctiles para agrupar la instalación en una manguera tal como estaban en el cableado original para que no interfieran con el resto de los elementos.

Se ha simplificado el mapa de conexiones a fin de simplificar y amoldar dicha instalación de la forma más eficiente posible. El esquema eléctrico se adjunta en el Anexo 9.

CUADRO DE INSTRUMENTOS

Con una placa de Arduino Uno se programan las señales que vienen de los sensores, principalmente la del sensor de velocidad y el tacómetro. Con la ayuda de una pantalla LCD que se conecta a dicho Arduino se muestran dos datos: las revoluciones y la marcha.

Además de mostrarse dichos valores, hay una fila de LEDs de colores: rojo, verde y amarillo. Estos LEDs conforman una escala de color que ayude al piloto a saber rápidamente si las revoluciones de la moto son demasiado altas, bajas o están en valores óptimos. Todo esto se integra en el cuadro de mando con el micro controlador totalmente aislado.

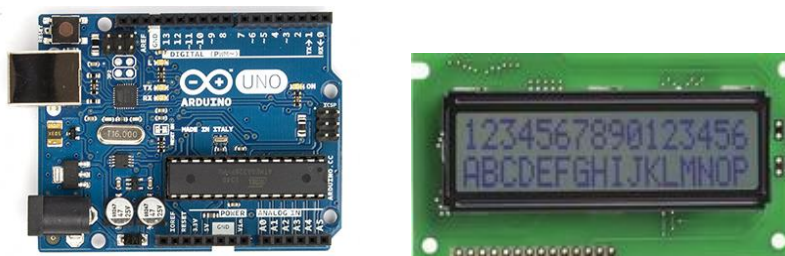


Figura 7.18: Placa de Arduino Uno y Pantalla LCD

El contenido aquí expuesto, se extrae del proyecto personal *“Estudio y modificación de la gestión electrónica del motor e implementación del sistema eléctrico del prototipo MotoStudent”* de Joseba López Vidarte, encargado del diseño eléctrico.

7.5 Búsqueda de patrocinadores

Antes de meterme de lleno con el extenso tema de los materiales y tecnologías de fabricación de la motocicleta, dedicaré este pequeño espacio para citar unas de las tareas previas más importantes para conseguir nuestro objetivo, como son, el aprovisionamiento de materiales y la búsqueda de patrocinadores.

Todos los miembros del equipo nos hemos hecho cargo de esta tarea desde el comienzo del proyecto, ya que a pesar de lo que pueda parecer, se trata de una tarea nada fácil de conseguir, especialmente en los tiempos que corren.

Además de la ayuda recibida por parte de la Universidad, para conseguir fabricar nuestro prototipo es imprescindible contar con recursos externos, así pues, hemos tenido que contactar con gran número de empresas y particulares en busca de colaboración, bien con aporte de materiales, herramientas, productos, financiación o servicios, a cambio de patrocinio o pequeños detalles de los que dispone el equipo.

La ayuda del tutor en esta tare ha sido fundamental, ya que por su experiencia y contactos, ha conseguido aportar gran parte de lo necesitado.



Figura 7.19: Patrocinadores del equipo ETSIIT-UPNa Racing

8. MATERIALES

Como ya expliqué anteriormente, el punto innovador de nuestro prototipo se encuentra en los materiales utilizados, principalmente en la fibra de carbono, novedad en esta edición. Es por ello que voy a dedicar un espacio de este proyecto exclusivamente a la descripción de los mismos.

8.1 Materiales compuestos

La aparición, o mejor dicho, el desarrollo de los materiales compuestos es bastante actual, antiguamente solamente se utilizaban en la fabricación de carenados para embarcaciones.

8.1.1 Definición

Se entiende por materiales compuestos aquellos formados por dos o más materiales distintos sin que se produzca reacción química entre ellos.

En todo material compuesto se distinguen dos componentes:

- la MATRIZ, componente que se presenta en fase continua, actuando como ligante.
- el REFUERZO, en fase discontinua, que es el elemento resistente.

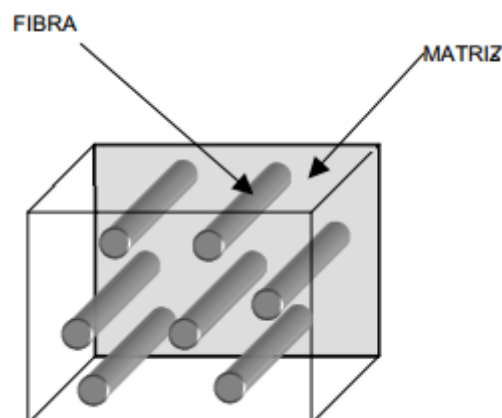


Figura 8.1: Material compuesto

Lo más importante a tener en cuenta es que la fibra es el componente que “absorbe” los esfuerzos de tracción en la dirección axial a las mismas. En sentido perpendicular a la dirección de las fibras, las propiedades resistentes son exclusivamente las que aporta la matriz, siendo claramente inferiores.

Las principales ventajas de los materiales compuestos no las aportan el material como tal, sino que lo hace el proceso de fabricación que se utilice. Es en el proceso cuando el material adquiere realmente las propiedades deseadas, por lo tanto es muy importante realizarlo adecuadamente.



Figura 8.2: Aplicaciones de los materiales compuestos

Los materiales compuestos han sido ampliamente utilizados en la historia con el fin de mejorar las propiedades de un material. De este modo durante siglos se ha utilizado barro mezclado con paja para construir viviendas de adobe, pasando después a tener aplicaciones estructurales en construcción, en aeronáutica y posteriormente aplicaciones de reparación tanto estructural como estético, llegando a ser conocidos estos materiales como compuestos estructurales.

8.1.2 Matrices

La matriz aporta propiedades vitales al material compuesto mejorando su rendimiento:

1. Obliga a las fibras a trabajar de forma conjunta, y les transfiere los esfuerzos de tracción.
2. Aísla las fibras entre ellas, y así trabajan de forma separada. Ello evita/ralentiza la propagación de fisuras en el soporte.

La matriz es la principal responsable del acabado superficial y protege a las fibras del desgaste y el ataque químico. Tienen una gran influencia en las propiedades mecánicas finales de la pieza y en el modo de fallo del material compuesto. Según el tipo de matriz que sea, la adherencia con la fibra será diferente y por lo tanto las propiedades finales de la pieza no solo dependen las propiedades de cada material sino también de este aspecto.

El criterio de selección de la matriz depende de aspectos como:

- El nivel de cargas a la que será sometida.
- La compatibilidad con las fibras.
- La procesabilidad.
- Comportamientos en condiciones ambientales.
- Coste final de la pieza.

Las matrices se pueden clasificar en tres tipos; las matrices poliméricas, las metálicas y las cerámicas. El uso de las dos últimas es muy puntual, por lo que me centraré en las matrices poliméricas.

Las matrices poliméricas también se llaman matrices orgánicas o matrices plásticas. Dentro de éstas, encontramos otros dos tipos, las termoestables y las termoplásticas. Las primeras, las termoestables, también llamadas termoendurecibles, se deterioran menos con la temperatura y no se pueden configurar de manera alguna. Sin embargo, las termoplásticas, si son reversibles y con la temperatura empiezan a fluir perdiendo la forma adquirida en su fabricación.

Las matrices más empleadas son las orgánicas termoestables por su buena relación prestaciones/precio. El único problema que puede tener es la aparición de grietas por excesiva reticulación.

Voy a continuar profundizando en este tipo de matriz, ya que es la utilizada para la fabricación de las vigas de nuestro prototipo.

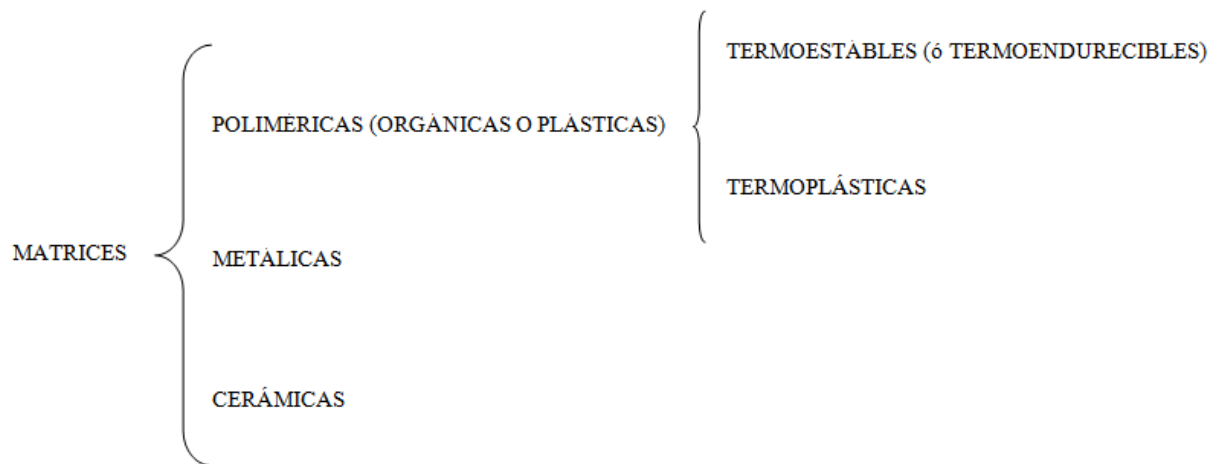


Figura 8.3: Clasificación de las matrices

➤ MATRICES POLIMÉRICAS

○ TERMOESTABLES

Utilizando este tipo de matrices, una vez fabricada la pieza, endurecida, no se puede configurar de ninguna manera, no se reblandece ni se deforma introduciéndole calor, lo único que puede pasar es que se queme. El procedimiento químico es irreversible.

Algunas de sus propiedades son:

- Tienen alto grado de reticulación, lo que les hace tener mayor rigidez.
- Bajo costo, aunque depende el material a utilizar y proceso de fabricación.
- Por lo general, son resistentes químicamente.
- Su deformación es invariante con el tiempo de aplicación de las cargas, son materiales muy duros.
- Son materiales poco dúctiles y tienen poca fluencia.
- Tienen buena estabilidad térmica, bajo coeficiente de expansión.

Existen muchos tipos de materiales o resinas dentro de las matrices poliméricas termoestables. En este proyecto sólo se van a citar las más importantes.

- **Resinas epoxi**

La resina epoxi es un polímero que se endurece cuando se mezcla con un agente catalizador, un “endurecedor”.

La importancia de las matrices epoxi está en la capacidad del radical epóxido para reaccionar con una gran variedad de otros radicales orgánicos y formar enlaces cruzados sin la aparición de un producto condensado. Las resinas epoxi se caracterizan por tener baja retracción, buen comportamiento a temperatura elevada (hasta 180 °C) y buena resistencia a los agentes químicos.

Son más caras que el resto de matrices. Tienen mayor resistencia mecánica y a la corrosión con propiedades dieléctricas excelentes, es un gran aislante. Su tenacidad como resina es buena. Tanto la resistencia al calor como a la intemperie es buena, es excelente como protección.

En las resinas epoxi es muy importante la elección del agente de curado, ya que éste determina las propiedades térmicas y mecánicas últimas de la resina. Podemos tener procesos de curado de duración de 1 a 2 horas. En los preimpregnados se utilizan resinas que se encuentran en la etapa B por lo que el curado no evoluciona a temperaturas frías. Se curan básicamente en 2 escalones a 121°C y a 177°C y esto se debe a que puedo poner diferentes radicales con el grupo epoxi; con los radicales controlo la reticularidad y cada grupo se abre a una temperatura, a 120°C el calor entra y a 180°C acaba de reticular. Se han diseñado sistemas de curado a temperatura ambiente sobre todo para adhesivos.

Para piezas con requerimientos estructurales lo que más se usa es epoxi. Muy utilizada en un mundo de aplicaciones técnicas, aunque también se utiliza para otro tipo de aplicaciones como pueden ser pinturas, adhesivos, sistemas eléctricos y electrónicos, etc.

Por todas estas propiedades y alguna que habré olvidado mencionar, este es el tipo de resina que hemos utilizado para la fabricación de las vigas de fibra de carbono.

▪ **Poliésteres**

Las matrices de poliéster son las más utilizadas con diferencia y no solo en materiales compuestos. Sus prestaciones son aceptables y tienen una relación calidad precio buena aunque solo se usan para bajos esfuerzos mecánicos o para piezas de baja importancia.

Tiene buena resistencia eléctrica y un comportamiento digno al fuego, si puede pedir retardadores de llama, aunque una vez que coge fuego arde y aparecen gases tóxicos.

Como resultado del proceso de polimerización, se obtiene la fibra, que en sus inicios fue la base para la elaboración de los hilos para coser y que actualmente tiene múltiples aplicaciones, como la fabricación de botellas de plástico que anteriormente se elaboraban con PVC.

Las resinas de poliéster se usan también como matriz para la construcción de equipos, tuberías anticorrosivas y fabricación de pinturas. Para dar mayor resistencia mecánica suelen ir reforzadas con cortante, también llamado endurecedor o catalizador, sin purificar.

El poliéster es muy resistente a la humedad, a los productos químicos y a las fuerzas mecánicas. Se usa en la fabricación de fibras, recubrimientos de láminas, cascos de barcos, conductos de aire acondicionado, automoción, tuberías, paredes, etc.

▪ **Viniléster**

Las resinas de viniléster, son productos intermedios entre el epoxi y el poliéster en cuanto a prestaciones mecánicas. Es muy resistente a la corrosión, incluso de ácidos. Soporta altas temperaturas, el exterior y la fatiga. También tiene buenas propiedades de aislamiento tanto térmico como eléctrico.

Son matrices ideales para trabajar en el agua incluso tienen una buena resistencia a la corrosión en agua caliente. Por lo tanto su aplicación es muy clara como gel coat, se utiliza para proteger del agua la pieza fabricada con otra matriz como puede ser el poliéster. Es muy interesante para la industria naval.

▪ **Resinas fenólicas**

Las resinas fenólicas, también llamadas “*fenoplastos*”, son resinas sintéticas termoestables caracterizadas por su resistencia al calor y al agua. Están formadas por la condensación del fenol y el formaldehído, de gran resistencia al envejecimiento.

Son resinas muy duras y por lo tanto frágiles. Normalmente, se emplean para dar impermeabilidad por su alta resistencia a la humedad. Tienen alta contracción durante el enfriamiento y curado, por lo que para disminuir éste fenómeno se añaden cargas.

El precio de es similar al poliéster aunque sus propiedades son ligeramente inferiores. Otra diferencia es que los humos al arder no son tóxicos. Tiene unas propiedades eléctricas excelentes y son capaces de soportar altas temperaturas, tienen buena resistencia al fuego y la abrasión y tiene una excelente adhesión a otras resinas.

Hoy en día, juegan un importante papel en la tecnología moderna (automoción, aeroespacial), en aplicaciones para fibras sintéticas, ordenadores,... También tienen una amplia aplicación en el ámbito de la construcción, se emplean en la fabricación de productos moldurados, adhesivos, revestimientos superficiales, paneles, etc.

▪ **Bismaleimida**

Las bismaleimidas de resinas tienen buena resistencia a la temperatura (temperatura de servicio de hasta 200 o 220°C). Es una resina desarrollada para mejorar la temperatura de transición vítrea de las resinas epoxi. Su precio incrementa de forma muy grande y además sus propiedades mecánicas sólo aumentan ligeramente.

Los composites de bismaleimida (BMI) se usan en algunas de las aplicaciones más complejas e importantes de alto rendimiento, desde programas militares a automóviles de Fórmula 1. Sus atributos más importantes son la combinación de elevada temperatura de servicio, buena resistencia y un procesado del tipo del de las resinas epoxi.

○ TERMOPLÁSTICAS

Las matrices termoplásticas no tienen enlaces intermoleculares. Para la fabricación de las piezas es necesario un proceso físico en el cual se le aplica a la pieza presión y temperatura, de esta forma no se altera su estructura química. Una vez polimerizadas se pueden volver a conformar aplicándoles presión y temperatura.

Son dúctiles, con buena estabilidad térmica y resistentes a la corrosión y absorción de agua. Sus propiedades dependen de la temperatura y de la velocidad de deformación. El mayor inconveniente es que su temperatura de servicio es muy baja y muy viscoso, lo que puede provocar problemas con la infiltración.

Todo el procesado de chapa lo podemos utilizar en estas matrices y las piezas pueden ser reutilizadas. Normalmente tienen un mejor comportamiento químico que las termoestables y su almacenamiento es mucho más sencillo ya que no se trata de un líquido que el material antes de conformarlo es plástico en granza.

El mayor problema es que el precio es más elevado que las matrices termoestables y la fabricación tiene un mayor consumo energético, aunque se ahorra en almacenamiento.

▪ Poliamida (nylon)

Las poliamidas, más conocidas como nylon, son el tipo de matrices termoplásticas más conocidas y utilizadas. Son un termoplástico con estructura semicristalina muy dúctil y duro. Es un material de bajo peso específico con gran resistencia a los aceites, grasas, disolventes, productos químicos, a la abrasión y a la corrosión, por lo que se utiliza para la sustitución de metales, madera y cristal en la industria.

Las Poliamidas, además de resistencia, dureza y tenacidad altas, también poseen una alta resistencia a la deformación térmica (resistentes a temperaturas de -40°C a aprox. +100°C). Pero puesto que las buenas propiedades mecánicas apenas se alcanzan después de un acondicionamiento del material, este deberá volver a acondicionarse después de un recocido.

La poliamida tiene un alto grado de absorción del agua, por lo tanto se deberá tener en cuenta un cambio de dimensión, ya que tiene un elevado grado de elasticidad, y la influencia en las propiedades mecánicas y eléctricas.

Las poliamidas como el nailon se comenzaron a emplear como fibras sintéticas, aunque han terminado por emplearse en la fabricación de cualquier material plástico. Por ejemplo, se aplica en componentes de cojinetes, ruedas dentadas, palancas, tanques de gasolina, piezas de bombas, guías de deslizamiento, tornillos, roldanas o guarniciones.

➤ MATRICES METÁLICAS

Se utilizan fundamentalmente metales como el titanio, el aluminio y el magnesio, pero aleados para optimizar las propiedades.

Las propiedades dependen mucho del tratamiento térmico. En principio son dúctiles e isótopos, y tienen alta afinidad con el oxígeno, especialmente el titanio.

El aluminio con el carbono se llevan fatal ya que el carbono acaba oxidando el aluminio. Su conformado es mediante el método de pulimetalurgia que no es más que polvo prensado. El problema es que es muy fácil romper las fibras mientras se fabrica la pieza. Ahora solo existe carbono/magnesio y la única aplicación que se le ha dado es para la carcasa de la caja reductora de helicópteros de altas prestaciones.

➤ MATRICES CERÁMICAS

Los materiales compuestos de matriz cerámica son más recientes, y mejoran las propiedades mecánicas (resistencia y tenacidad) de los materiales cerámicos tradicionales.

Tienen buena resistencia a temperaturas elevadas (hasta 2500°C), por lo que se pueden utilizar como materiales refractarios, y tienen elevada resistencia en compresión.

Se suele partir de una matriz fenólica y mediante hornos y procesos complicados se le elimina todo lo que no es carbono. El proceso es muy lento y costoso, se usa típicamente para discos de freno.

8.1.3 Fibras

La fibra es el componente de refuerzo del material compuesto, por lo que las características como su resistencia mecánica, rigidez y dureza, van a estar muy determinadas por la fibra utilizada en su fabricación.

Las principales funciones de las fibras son:

1. Aportar la resistencia a tracción requerida frente a un esfuerzo de tracción.
2. Aportar rigidez (elevado módulo elástico), resistencia a tracción, entre otros.
3. Conductividad o aislamiento eléctrico, dependiendo del tipo de fibra.

Principalmente existen tres tipos de fibra: la fibra de vidrio, la fibra orgánica y la fibra de carbono. Estas son las fibras más utilizadas y cuyas características más importantes veremos a continuación. También hay fibras de otros materiales que no son tan comunes y que no entraré a detallar en profundidad por no ser las escogidas para fabricar nuestras piezas.

➤ FIBRAS DE VIDRIO

Esta es la fibra más empleada en los materiales reforzados con fibras, especialmente en aplicaciones industriales, debido a su gran disponibilidad, sus buenas características mecánicas y a su bajo coste. La fibra de vidrio es un material que consta de numerosos filamentos y extremadamente finos de vidrio, y está basada en los silicatos que contiene, característica que determina sus propiedades.

Algunas de las propiedades por las que destacan estas fibras son:

- Alta adherencia fibra-matriz.
- Resistencia química.
- Resistencia mecánica, con una resistividad específica superior a la del acero.
- Compatibilidad con las materias orgánicas.

- Características eléctricas: aislante eléctrico, buena permeabilidad dieléctrica, permeable a las ondas electromagnéticas, transparencia a los rayos X.
- Incombustibilidad. No propaga la llama ni origina humos o toxicidad.
- Estabilidad dimensional (bajo coeficiente de dilatación).
- Imputrescibilidad, insensible a roedores e insectos.
- Débil conductividad térmica (ahorro de calefacción).
- Excesiva flexibilidad (elevado módulo de elasticidad).

El proceso de fabricación consiste en el estiramiento a muy alta temperatura, por tracción mecánica o por acción de fluidos en movimiento, de una veta de vidrio fundido y su inmediata solidificación.

El uso normal de la fibra de vidrio incluye aislamiento acústico, térmico y eléctrico en recubrimientos, como refuerzo a diversos materiales, palos de tiendas de campaña, absorción de sonido, telas resistentes al calor y la corrosión, telas de alta resistencia, pértigas para salto con garrocha, arcos y ballestas, tragaluces translúcidos, partes de carrocería de automóviles, palos de hockey, tablas de surf, cascos de embarcaciones, y rellenos estructurales ligeros de panel. Se ha usado para propósitos médicos en férulas. La fibra de vidrio es ampliamente usada para la fabricación de tanques y silos de material compuesto.



Figura 8.4: Fibra de vidrio

➤ FIBRAS ORGÁNICAS

Dentro de esta denominación se hallan incluidas las fibras de polietileno de cadena alargada o las de polímeros de líquido termotrópico cristalino, pero nos centraremos en las fibras de aramida o kevlar, debido a su uso mayoritario y a sus excepcionales características.

Las fibras de aramida son fibras sintéticas, fabricadas de materiales termoplásticos como la poliamida aromática. Normalmente se forman mediante un proceso de estirado. Sus propiedades mecánicas están entre las de la fibra de vidrio y la de carbono.

Quizás la característica más llamativa de las aramidas es su alta resistencia al impacto, su gran tenacidad y su alta capacidad de absorción de energía, motivos por los cuales es usada incluso en chalecos antibala. Sin embargo, podemos destacar estas otras características:

- Elevada resistencia específica a la tracción (5 veces más resistente que el acero).
- Buena estabilidad mecánica en el rango (-30 °C/200 °C)
- Alto módulo de elasticidad y baja elongación a la rotura.
- Gran estabilidad química, excepto contra ácidos fuertes y bases muy concentradas. Además son resistentes a la llama y auto extinguibles.

Y en cuanto a desventajas destaca una baja resistencia a compresión y flexión, pérdidas de resistencia en presencia de humedad y baja adherencia a determinadas matrices, por ejemplo las termoplásticas; además, su precio es elevado en comparación con otras fibras.



Figura 8.5: Fibra de aramida

➤ FIBRAS DE CARBONO

La fibra de carbono es una fibra sintética constituida por finos filamentos de 5-10 µm de diámetro y compuesto principalmente por carbono. Cada filamento es la unión de muchas miles de fibras de carbono. Se trata de una fibra sintética porque se fabrica a partir del poliacrilonitrilo. Tiene propiedades mecánicas similares al acero, aunque mayor resistencia al impacto, y es tan ligera como la madera o el plástico.

Las propiedades mecánicas específicas de la fibra de carbono son las mejores de todas las fibras. Cada vez se utilizan más por sus propiedades y porque a lo largo de los años se ha ido abaratando mucho. Caben destacar propiedades como:

- Elevado módulo de elasticidad y resistencia a tracción.
- No presenta plasticidad, el límite de rotura coincide con el límite elástico.
- Baja densidad.
- Elevada resistencia a las altas temperaturas (a temperaturas del orden de los 1500–2000 °C presenta un incremento de sus prestaciones).
- Coeficiente de dilatación térmica lineal prácticamente nulo.
- Elevada resistencia a las bases.
- Buena conductividad eléctrica y térmica.
- Alto coste.
- Baja resistencia al impacto de baja energía.
- Produce diferencias de potencial al contacto con los metales, lo que puede favorecer corrosiones.

Para muchas aplicaciones en las que la fibra de vidrio presenta una rigidez insuficiente, es necesario sustituirla por fibras de carbono, siempre que la gran diferencia de precio esté justificada. Las razones del elevado precio de los materiales realizados con fibra de carbono se deben a dos factores fundamentalmente:

- El refuerzo, fibra, es un polímero sintético que requiere un caro y largo proceso de producción. Este proceso se realiza a alta temperatura -entre 1100 y 2500 °C- en atmósfera de hidrógeno durante semanas o incluso meses dependiendo de la calidad que se desee obtener, ya que pueden realizarse procesos para mejorar algunas de sus características una vez se ha obtenido la fibra.
- El uso de materiales termoestables dificulta el proceso de creación de la pieza final, ya que se requiere de un complejo utillaje especializado, como el horno autoclave.

Las fibras de carbono se fabrican mediante pirólisis controlada y ciclización de precursores de cierta fibra orgánica, el más común de los cuales es el precursor poliacrilonitrilo (PAN), y el alquitrán. El primero es una fibra sintética, con una conversión en fibra entre el 50 y el 55 %, y el segundo se obtiene de la destilación destructiva del carbón, siendo este relativamente más barato.

La fibra de carbono se desarrolló inicialmente para la industria espacial, pero ahora, al bajar de precio tiene muchas aplicaciones en la industria del transporte, en la aeronáutica y automovilística, al igual que en la construcción de barcos y en bicicletas, donde sus propiedades mecánicas y ligereza son muy importantes. También se está haciendo cada vez más común en otros artículos de consumo como patines en línea, raquetas de tenis, edificios, ordenadores portátiles, trípodes y cañas de pesca e incluso en joyería, para carteras y relojes.



Figura 8.6: Fibra de carbono

➤ OTRAS FIBRAS

Los tres tipos de fibras anteriores son claramente los más utilizados. Sin embargo podemos referenciar aquí, más brevemente, otras fibras presentes en el mercado, con prestaciones más altas pero con costes prohibitivos en muchos casos.

✓ *FIBRAS CERÁMICAS*

Surgen por la necesidad en sector aeroespacial de refuerzos para altas temperaturas. Presentan altísimas prestaciones en cuanto a resistencia a tracción y estabilidad química. Su fabricación y manipulación es extremadamente complicada y costosa.

✓ *FIBRAS DE BORO*

Son fibras obtenidas a partir de la deposición en sustrato de wolframio generalmente. El boro es un material semiconductor, frágil y duro, su temperatura de fusión es alta (2076 °C) y posee una buena resistencia mecánica y rigidez. Alcanzan resistencias mecánicas de hasta 3600 MPa. Debido a su elevado coste, su uso está limitado a aplicaciones de alta tecnología, como pueden ser, vehículos espaciales, industria aeronáutica y aplicaciones militares.

✓ *FIBRAS DE CARBURO DE SILICIO*

Son utilizadas como refuerzo de matrices orgánicas y cerámicas. Más baratas que las de boro y con un proceso de fabricación similar. Tienen una estructura similar al diamante, baja densidad, alta resistencia y rigidez, y buena conductividad y estabilidad térmica.

✓ *FIBRAS DE CUARZO*

A partir de cristales de cuarzo natural se forman filamentos. Alrededor de 200 filamentos combinados dan lugar a una fibra flexible y con alta resistencia. Se puede utilizar con la mayoría de las resinas.

✓ *FIBRAS METÁLICAS*

Tienen la desventaja de su densidad y coste, pues son más caras que la fibra de vidrio (a excepción del acero).

8.1.4 Presentación de las fibras

Independientemente del tipo de material en que estén hechas, las fibras pueden presentarse de diversas formas. Una fibra es un material compuesto de filamentos y fundamentalmente se utiliza para formar hilos o tejidos. Un tejido se diferencia de otro por el tipo de confección y por su gramaje. Como se explicará más adelante, hay tejidos que no poseen confección pero sí en cambio, todos poseen un gramaje. Por gramaje se entiende los gramos de un material que hay contenidos en una superficie, o dicho de otra manera, los gramos por metro cuadrado.

Obtendremos tejidos con propiedades mecánicas más o menos mejoradas, dependiendo del patrón de confección y del gramaje. Es importante aclarar, que cuanto más tupido y denso es el tejido más difícil es la penetración de la resina en el mismo y por tanto su correcta aplicación.

Cabe citar que existen fibras o tejidos, para usos muy específicos denominadas pre-preg, o fibras preimpregnadas con resinas para facilitar su aplicación.

La elección del tejido adecuado es fundamental, no sólo por el coste del molde o vaciado sino también, por el éxito de nuestro trabajo, ya que no todos los tejidos son adecuados para todo tipo de proyectos.

Dependiendo de la confección de los filamentos encontramos dos tipos de tejidos: mantas o mats, y tejidos o roving.

➤ MANTAS O MATS

No son tejidos propiamente, sino el resultado de depositar de forma caótica las fibras impregnadas en un aglutinante sobre una superficie. Dentro de las mats, tenemos dos tipos:

- Fibras continuas, utilizadas sobretodo en procesos de inyección o impregnación.
- Fibras discontinuas, utilizadas en procesos de moldeos manuales.

Las mantas poseen cualidades mecánicas isotrópicas y su resistencia depende de su gramaje. El aglutinante con el que las mats conservan su forma, se disuelve en contacto con la resina favoreciendo la adaptación a los recovecos del molde. De forma similar la humedad también reblandece dicho aglutinante, por tanto es conveniente conservar las mats en lugares secos o sacos herméticos.

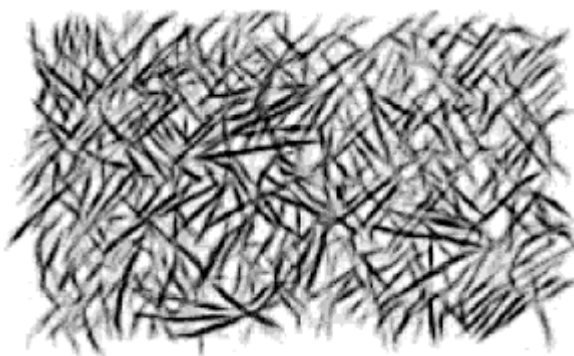


Figura 8.7: Tejido Mat

Los gramajes para los mats oscilan entre los 100 g/m² a los 300 g/m².

Este tipo de disposición es casi exclusivo para fibra de vidrio ya que las propiedades mecánicas que se pueden conseguir son muy bajas y el objetivo de este tipo de piezas no suele ser estructural. Normalmente se utiliza el tejido mat para piezas decorativas en las que se requiere un peso reducido, para aislar eléctricamente, para piezas sin requerimientos de mucha carga o incluso para fabricar moldes.

Nuestras piezas requieren un material de altas prestaciones por lo tanto este tipo de disposición queda completamente descartado.

➤ TEJIDOS O ROVING

Son auténticos tejidos y están formados por el entrelazado de dos haces de fibras a 90°. Los hilos longitudinales se denominan urdimbre y los transversales tramas, según la forma de entrelazar la trama con la urdimbre existen tres tipos de patrones. A diferencia de los tejidos convencionales, los Roving están compuestos por mechones de fibras en vez de por fibras hiladas.

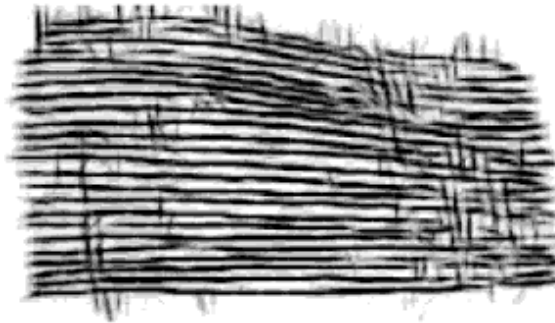


Figura 8.8: Tejido Roving

➤ TEJIDOS PLANOS O TAFETÁN

Los tejidos forman el dibujo ortogonal clásico de un tejido.

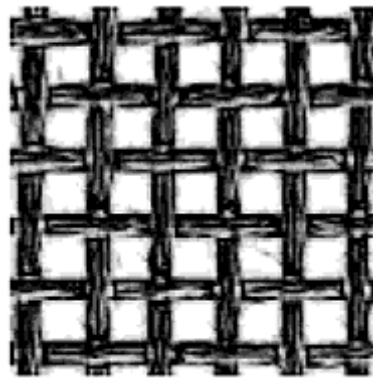


Figura 8.9: Tejido plano o tafetán

➤ TEJIDOS EN SARGA O TWILL

La trama tiene un aspecto diagonal o en forma de espina.

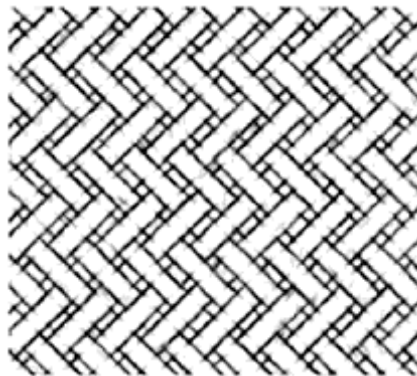


Figura 8.10: Tejido en sarga

➤ TEJIDO DE RASO O SATÉN

Similar al Sarga pero el tejido se divide en series mayores. Al obtenerse menos intersecciones entre fibras es más liso que los anteriores.

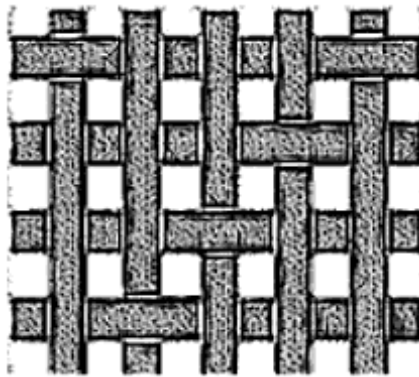


Figura 8.11: Tejido de raso

Independientemente del tipo de confección, los tejidos pueden diferenciarse en:

- *Balanceados*: cuando poseen las mismas propiedades mecánicas en el sentido de la trama y la urdimbre. Esto se logra usando la misma cantidad de hilos y de misma naturaleza para trama y urdimbre.
- *Direccionales*: poseen una mayor resistencia mecánica en una de las direcciones de la confección, generalmente la trama, motivada por el uso de un mayor número de fibras o de fibras de naturaleza distinta.

Según la direccionalidad del esfuerzo pueden ser *unidireccionales*, si trabajan en una sola dirección, o *multiaxiales* si trabajan en varias, pudiendo ser estos a su vez *bidireccionales* si trabajan a dos direcciones $0^\circ/90^\circ$, *biaxiales* $-45^\circ/+45^\circ$, *triaxiales* $90^\circ/+45^\circ/-45^\circ$,...

Los tejidos *unidireccionales* se denominan vulgarmente bandas, puesto que habitualmente se usan como refuerzos estructurales y raras veces como material de moldeo.

Un tejido puede estar compuesto por un único tipo de material o por varios, en este último caso estaremos hablando de tejidos híbridos. Estos tejidos son muy habituales cuando pretendemos trabajar con fibra de carbono o Kevlar.

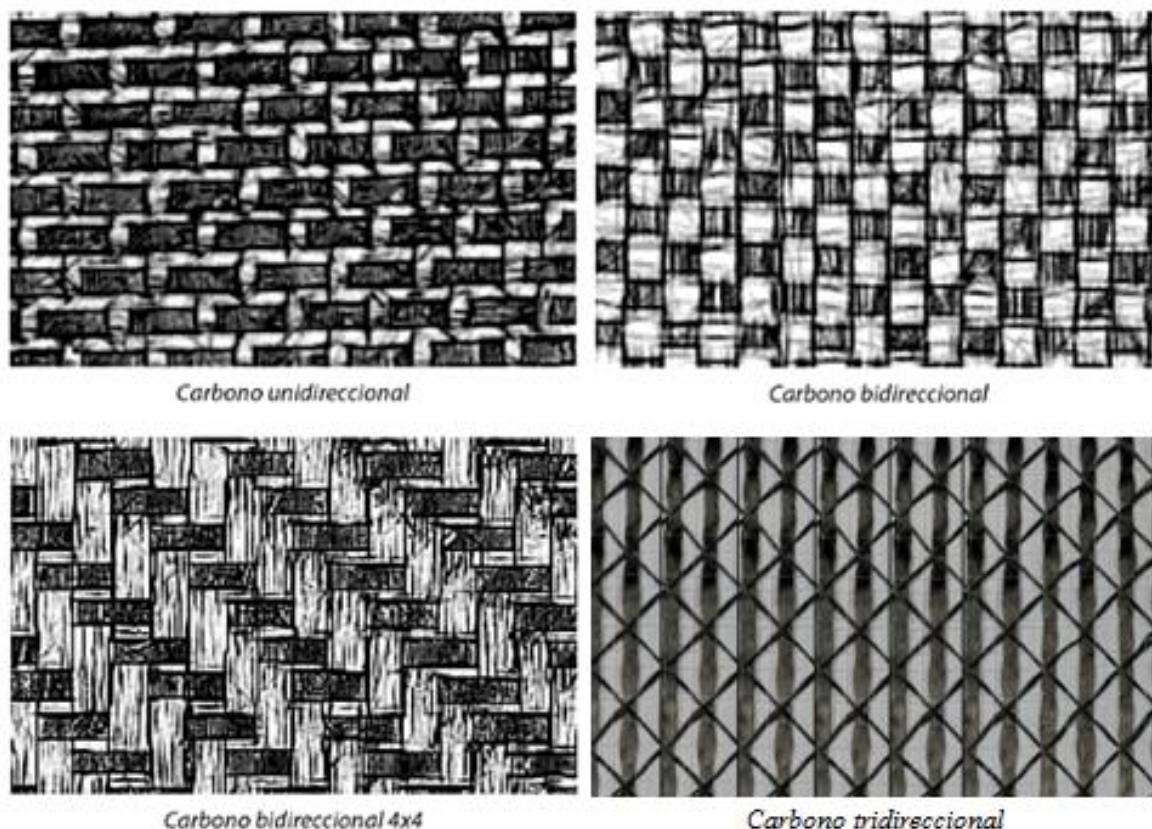


Figura 8.12: Tejido unidireccional, bidireccional y tridireccional

Los tejidos híbridos están planteados para la realización de piezas destinadas a trabajar en situaciones de esfuerzo muy particulares. En esos tejidos los distintos tipos de fibras no se entrelazan de forma igual, sino que se combina el uso y las proporciones de cada fibra según vayan a ser utilizadas en la trama o en la urdimbre.

A pesar de que las combinaciones pueden ser múltiples, el hecho de utilizar materiales con distintas propiedades mecánicas en ambos ejes del espacio, obtendremos objetos con características anisótropas pero si usamos la misma proporción de materiales en ambos ejes del espacio, obtendremos objetos isótopos.

	Densidad	Modulo Elasticidad	Resistencia a la Tracción
Fibra de vidrio	2,55 g/cm	70 GPa	1,7 – 2,4 GPa
Fibra de carbono	1,76 g/cm	235 GPa	3,5 – 7,8 GPa
Aramidas (Kevlar)	1,44 g/cm	120 GPa	2,8 – 3,8 GPa

Tabla 8.1: Propiedades de los materiales compuestos

8.1.5 Ventajas de los materiales compuestos frente a los tradicionales

Los materiales compuestos (composites) fueron desarrollados para aplicaciones que necesitan un alto rendimiento. Pero ahora su uso está invadiendo progresivamente a todas las industrias. Algunas ventajas que ofrecen frente a los refuerzos tradicionales son las siguientes:

1. Pueden operar en ambientes hostiles por grandes periodos de tiempo. Su mantenimiento y reparación son muy fáciles.
2. Todas las partes metálicas se pueden reemplazar por una única sección equivalente de material compuesto.
3. Los composites tienen un alto módulo elástico. Tienen un módulo más elevado que el acero y sólo pesan una quinta parte que este.
4. El acero entra en fatiga cuando se le somete al 50% de su resistencia a tracción. Los composites no muestran fatiga hasta, como mínimo, el 90%.
5. Los composites no se oxidan. El acero y aluminio se oxida ante la presencia de agua y aire, y precisan de un cuidado especial, siendo obligado el uso de pinturas protectoras. La matriz polimérica de un composite protege las fibras de refuerzo.
6. El coeficiente de expansión térmica de los composites es muy próximo a cero. Debido a ello, ofrecen una gran estabilidad dimensional frente a los refuerzos metálicos.
7. Para la aplicación de un composite, se requiere de herramientas ligeras de mano. Los refuerzos metálicos se deben instalar mediante maquinaria pesada, puntales, soldaduras, etc. Los costes de instalación de un refuerzo de material compuesto son muy bajos y reducen el coste global de un refuerzo.

Como desventajas, destaca el precio y la sensibilidad a ambientes higrotermales, donde existen cambios severos de humedad de la atmósfera. Algunas veces es necesaria la aplicación de capas protectoras contra la erosión, el daño superficial y contacto con la luz, principalmente la luz solar, ya que la luz solar es portadora de los rayos ultravioleta, los cuales son causantes de que se rompan las cadenas moleculares de los polímeros.

8.2 Aluminio

Como ya he mencionado a lo largo de este documento, teniendo en cuenta la normativa de MotoStudent y el grado de innovación que hemos querido dar este año a nuestro prototipo, optamos por hacer una mezcla de piezas de fibra de carbono y piezas de aluminio ensambladas mediante unión adhesiva con resina epoxi.

Las piezas de aluminio sirven de unión entre las vigas de fibra y las piezas de acero impuestas por la Organización. Tras realizar diversos análisis con distintos tipos de aluminio, el elegido es el aluminio 6061 T6, que tiene límite elástico de 270 MPa y un límite de rotura de 310 MPa.

El aluminio 6061 es una aleación de aluminio endurecido que contiene como principales elementos aluminio, magnesio y silicio.

Tiene buenas propiedades mecánicas y para su uso en soldaduras. Es una de las aleaciones más comunes de aluminio para uso general, especialmente estructuras de alta resistencia que requieran un buen comportamiento frente a la corrosión, camiones, barcos, vehículos ferroviarios, mobiliario y tuberías.

Es una aleación dúctil y ligera, con gran resistencia y excelentes características de acabado, el aluminio 6061-T6 es ideal para la elaboración de piezas maquinadas con calidad de excelencia y para trabajos que requieran buen acabado superficial.



Figura 8.13: Tochos de aluminio 6061

El aluminio 6061 se emplea comúnmente en formas pre templadas y las templadas como el 6061-T6, consistente en un tratamiento térmico por solución y envejecido artificialmente.

Más datos sobre su composición química, como de sus propiedades físicas, tecnológicas y mecánicas, se pueden encontrar en la ficha del Anexo 10.

Adicionalmente a sus características naturales (excelente conductividad, ligereza, nula toxicidad y que no produce chispa), el aluminio 6061-T6 ofrece las siguientes ventajas

- Resistencia superior a la de las aleaciones 6063.
- Elaborado mediante tratamiento térmicos.
- Envejecido artificialmente.
- Óptima conformación con el frío.
- Excelentes características para soldadura fuerte y al arco.

Siempre que se necesite un producto verdaderamente confiable conviene pensar en aluminio 6061-T6, que por su calidad garantiza los siguientes beneficios:

- Excelente resistencia a la corrosión.
- Gran resistencia a la tensión.
- Excelente maquinabilidad.

9. DESPIECE DE LA MOTOCICLETA

Después de hacer un amplio repaso por todas las etapas del proyecto (competición, normativas, especificaciones, diseño,...), es momento de centrarme en la fabricación de la motocicleta.

Para ello, voy a elaborar un despiece del prototipo, obviando las piezas compradas o cedidas por la Organización. Clasificaré las piezas a fabricar en función de su material, y para cada una de ellas haré una breve descripción de la misma, explicando su función, y la tecnología de fabricación asociada, tanto para fabricar una pieza unitaria como para una producción en serie.

La elección de los materiales está justificada con la multitud de análisis y simulaciones realizadas por los diseñadores del equipo, que se pueden encontrar en los respectivos proyectos citados en la bibliografía. En el apartado anterior, “materiales”, se han explicado los materiales utilizados, así como sus propiedades, que cubren perfectamente las necesidades de las piezas.

Para seguir correctamente el contenido de este apartado, es recomendable tener el dossier de planos al lado, ya que se hará alusión a ellos constantemente mientras se describe la forma o se menciona algún detalle de la pieza.

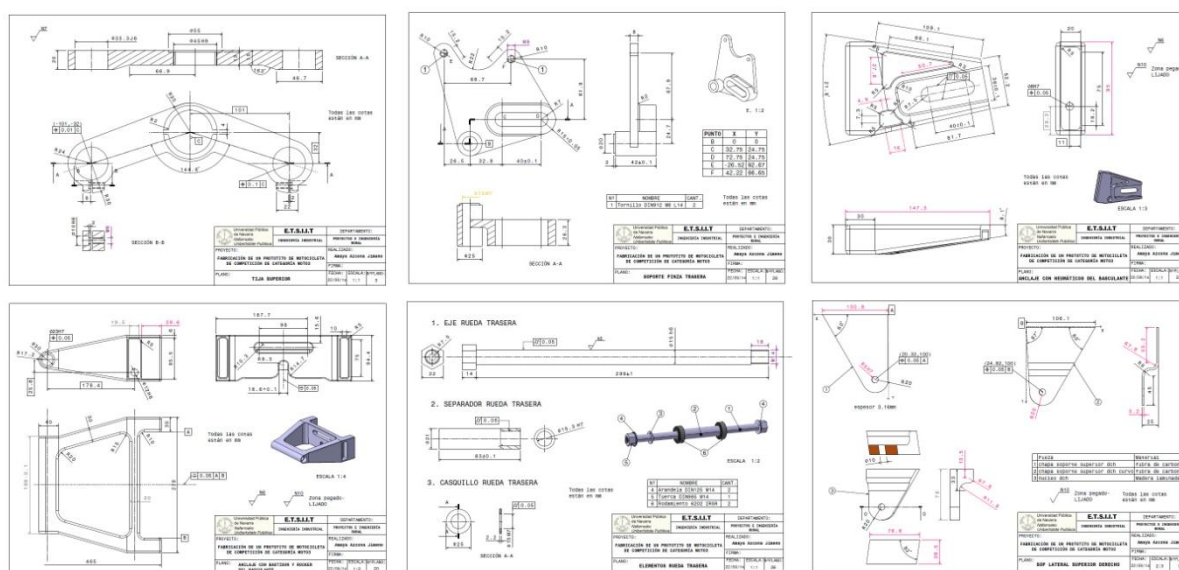


Figura 9.1: Ejemplos de planos de las piezas

9.1 Piezas de fibra de carbono

Dentro de este grupo encontramos las vigas del bastidor y basculante, y unos pequeños soportes en los laterales del bastidor.

9.1.1 Vigas del bastidor y basculante

Estas piezas corresponden con:

- Plano 8: *“Viga de material compuesto”*
- Plano 21: *“Viga de fibra de carbono”*

Ya que estas piezas son similares y el proceso de fabricación idéntico, se explicará cómo obtener una de ellas, siendo el mismo procedimiento para el resto.

➤ DESCRIPCIÓN

Estas vigas son los elementos más importantes de la motocicleta, ya que conforman la estructura tanto del bastidor como del basculante. Son las que tienen que dar rigidez al prototipo y las que soportan mayores cargas. Por ello, y por ser la novedad de esta edición, la explicación sobre estas piezas será más extensa.

Tras muchos diseños, se decidió crear unas vigas estándar de manera que el proceso de fabricación para todas fuese el mismo. Se opta por la opción de realizar vigas de sección rectangular. Como se va a fabricar pocas piezas, no se necesitan moldes de gran durabilidad, de hecho, no hay necesidad de fabricar un molde, sino que podemos encontrar en el mercado un tubo de acero de sección rectangular que nos sirva. Las vigas se fabricarán en dos partes, con forma de U, que se unirán a tope con un refuerzo de fibra y adhesivo en la línea neutra.

Por tanto, como son necesarias dos vigas para formar el bastidor y otras dos para el basculante, habrá que fabricar ocho mitades, es decir, ocho vigas de fibra de carbono en forma de U. Las cotas de las mismas se pueden apreciar en los correspondientes planos, el de número 8 y el 21.

Las vigas de la moto el problema que tienen es que en un principio no son dos piezas iguales y por tanto se debería usar un molde para cada pieza, pero por otro lado son simétricas y gracias a su geometría se pueden hacer piezas iguales y después de ser fabricadas se cortan de manera que acaben teniendo cada una la geometría correspondiente. De este modo podemos abaratar costes y utilizar un solo molde.

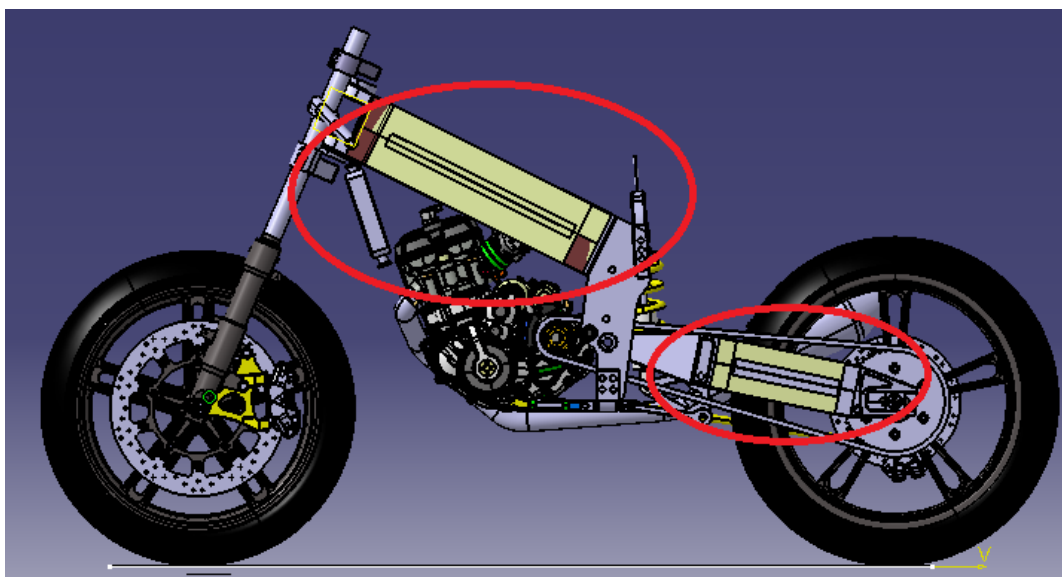


Figura 9.2: Detalle de las vigas de fibra de carbono

➤ FABRICACIÓN UNITARIA

En esta sección, explicaré los métodos que utilizamos para la fabricación de las vigas, teniendo en cuenta los medios disponibles y el escaso presupuesto con el que contamos.

Para empezar, tuvimos que informarnos mediante bibliografía, web y videos explicativos, el procedimiento para conseguir piezas de fibra de carbono de manera particular, si necesidad de maquinaria para tal efecto.

En primer lugar, se apostó por adquirir un kit en un portal inglés, ya que era el más económico que encontramos, y aportaba videos ejemplo con los pasos a seguir, a priori suficientemente sencillos.

Éste es el método por bolsa de vacío. En el kit venían los materiales requeridos, excepto el desmoldeante:

- Bomba de vacío
- Bolsa de vacío
- Release Film
- Tubo
- Válvula
- Sellador de bolsa
- Breather
- Guantes
- Prepeg



Figura 9.3: Kit para fibra de carbono

Este método consiste en provocar vacío a la pieza para que tenga presión y las capas se adhieran bien unas a otras y a la vez curarlo. Los pasos a seguir serían:

1. Aplicar al molde desmoldeante para no tener problemas al separar la pieza del molde.
2. Apilamos sobre el molde las capas requeridas y en la orientación necesaria.
3. Aplicamos el peel ply o tejido pelable. Este tejido está diseñado para ser extraído del laminado con suma facilidad.
4. A continuación se pone el release film, es un film perforado que sirve para eliminar el exceso de resina durante el curado. Después se pone un film separador, igual que el anterior pero sin perforar, que sirve para separar todo lo anterior con la bolsa de vacío y evitar que por el exceso de resina la bolsa quede adherida.
5. Poner una cinta selladora alrededor del molde. Se debe de estar seguro de que todas las aberturas de vacío se encuentran por dentro de la superficie de cierre.

6. Se coloca la bolsa de vacío sobre todo el montaje, Se pone en funcionamiento todo el sistema aplicando el máximo vacío.
7. Se cura la pieza metiendo todo el montaje a un horno a 120°C durante dos horas. Tras el tiempo cumplido se saca del horno y se deja enfriar.
8. Se elimina la bolsa y se separa la pieza del molde.

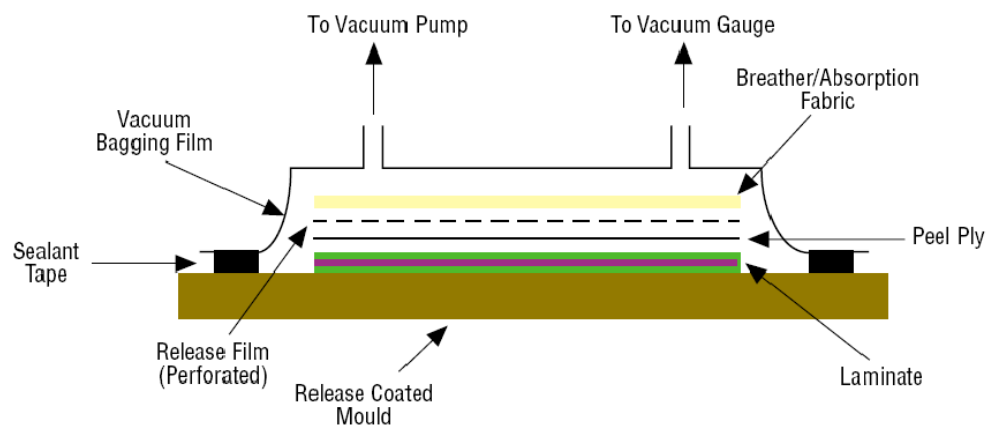


Figura 9.4: Método de la bolsa de vacío

Con el fin de reducir costes, pensamos en conseguir algunos de esos componentes por otros medios. Así pues, conseguí un compresor de un frigorífico de segunda mano por 20€, sustituyendo la bomba de vacío que costaba 150€.



Figura 9.5: Compresor de frigorífico

A su vez, Gamesa nos proporcionó gratuitamente prepeg de epoxi y fibra de carbono. Pese a todo, el kit seguía saliendo caro, y el compresor tampoco ejercía la presión necesaria, así que decidimos descartar esta opción.

Consultamos a profesionales del tema y nos aconsejaron usar una autoclave para la curación de las piezas. Esta opción no nos era viable, pero la universidad nos permitió usar un pequeño horno en los talleres. Ahora el reto fue crear un sistema de presión con la forma de las piezas, que como he dicho será única para todas las vigas.

Como las vigas son realmente fáciles, se nos ocurrió utilizar como molde dos vigas de acero de sección rectangular, utilizando uno para colocar las telas sobre él, y el otro para envolver el sistema. Para facilitar la compresión, vamos a verlo en fotografías:

1. Adquirimos una viga de acero, cuyas medidas externas serán las medidas internas de nuestras vigas de fibra.

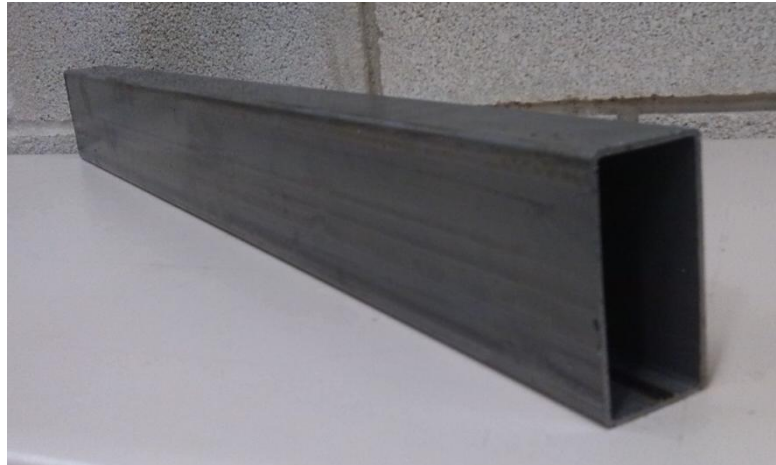


Figura 9.6: Viga de acero

2. Aplicamos desmoldeante sobre la superficie exterior, y vamos colocando las telas de fibra apiladas a 45° respecto a la anterior.

Es importante colocarlas bien, sin arrugas y bien prensadas entre ellas.



Figura 9.7: Colocación de los tejidos

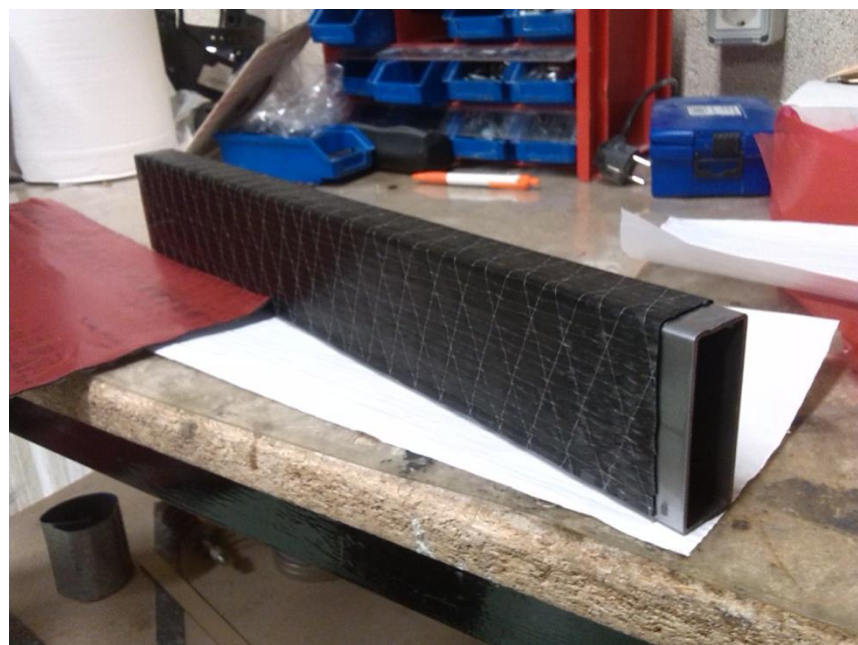


Figura 9.8: Telas colocadas sobre el molde

3. Ya tenemos definida la geometría interior de nuestras vigas, pero ahora necesitamos ejercer presión sobre la exterior para que se mantenga la forma. Para ello, elaboramos tres chapas agujereadas que colocaremos en cada una de las caras.

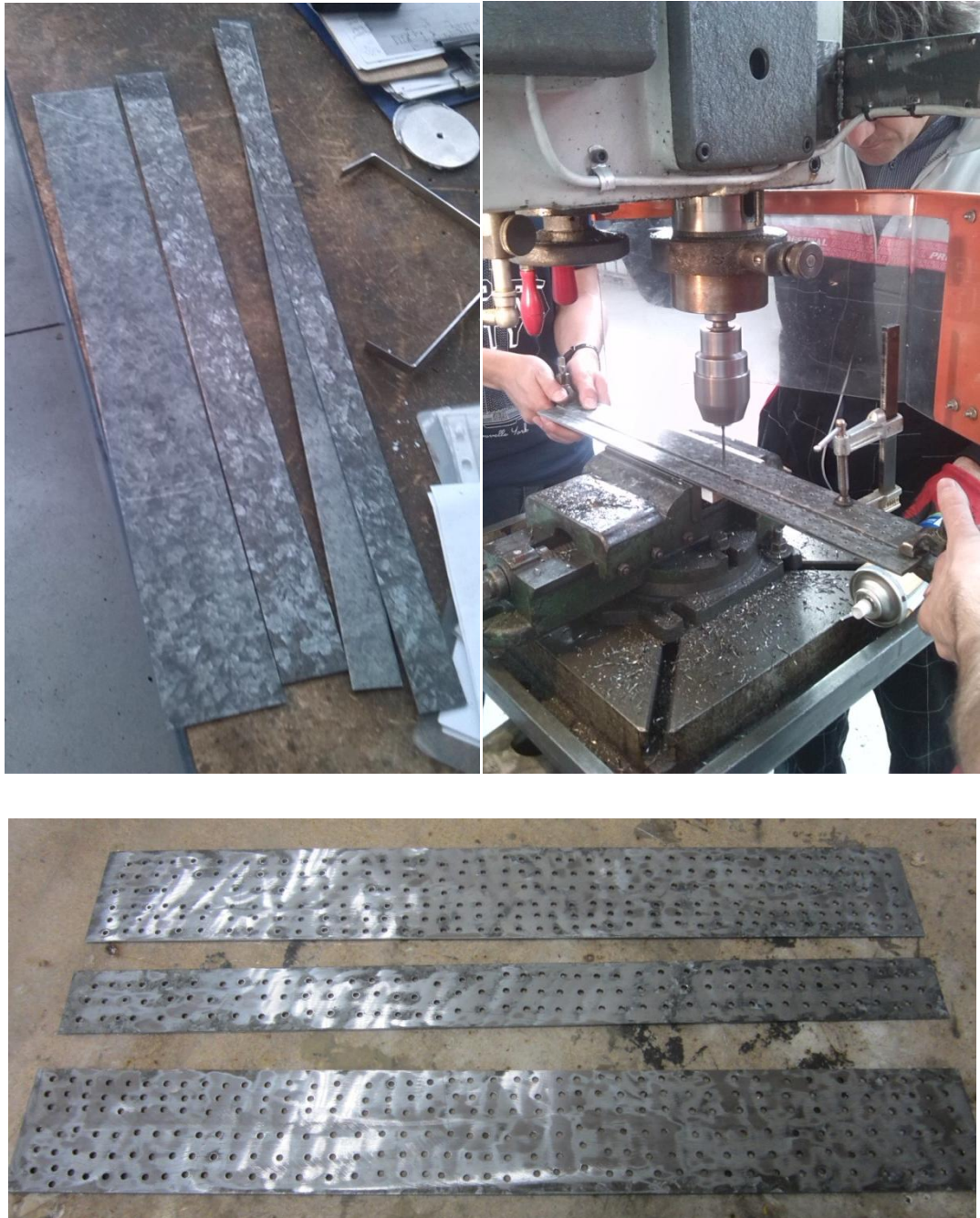


Figura 9.9: Fabricación de las chapitas agujereadas

4. Se aplica desmoldeante sobre una de las caras de las chapitas, la que va en contacto directo con las láminas de fibra. Los agujeros sirven para eliminar la resina sobrante en el momento de curado. Estas chapitas van colocadas entre la fibra y la viga de acero exterior.
5. Es momento de adquirir la viga de acero que englobará el sistema, lógicamente es de mayor sección que la de base.

Esta viga, también estará agujereada, pero esta vez con una métrica conocida. En estos agujeros se introducirán tornillos de manera que presionen las chapitas contra las telas de fibra y mantengan la forma deseada mientras se cura en el horno.



Figura 9.10: Fabricación de la viga externa

6. El siguiente paso es montar todo el sistema. Hay que tener especial cuidado al apretar los tornillos para que todos ejerzan la misma fuerza de presión, sino la viga saldría deformada. Es recomendable usar una llave manométrica para evitar esto.

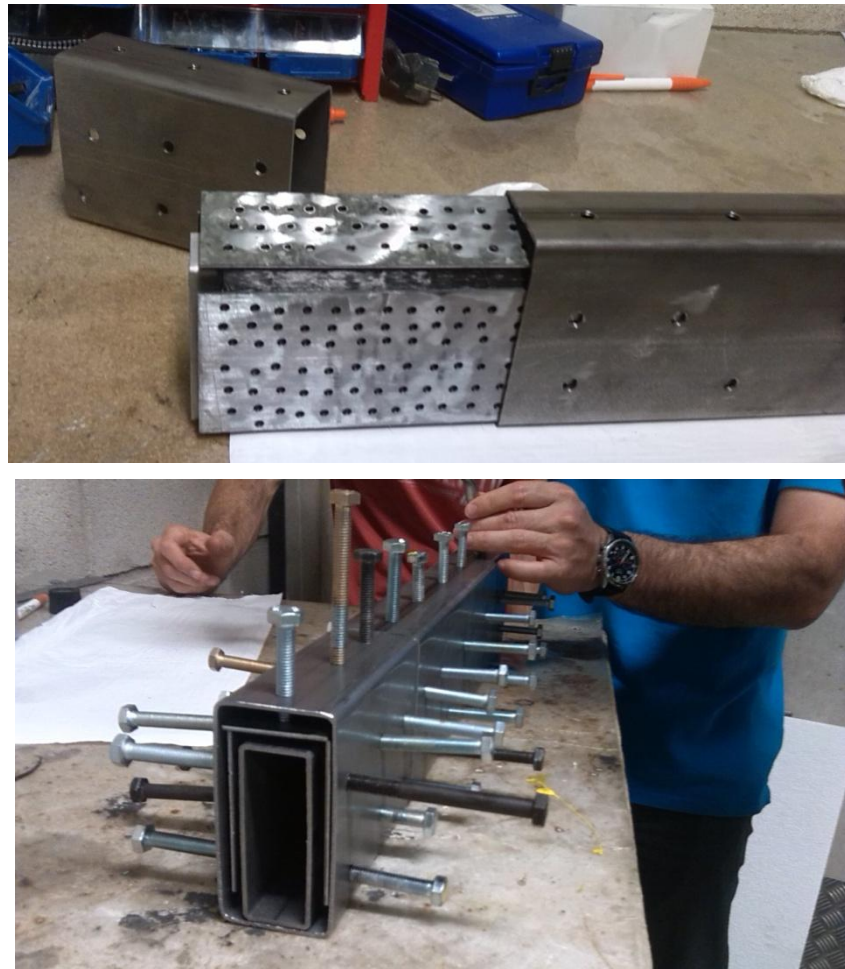


Figura 9.11: Configuración final del sistema

7. Ya tenemos el montaje preparado, ahora se mete en el horno a 120°C durante dos horas para que cure.



Figura 9.12: Sistema en el horno

8. Pasado el tiempo, se saca el sistema del horno y se deja enfriar. A continuación se desmoldea la pieza.

Ahora nos encontramos con dos problemas. El primero, al haber utilizado un molde interior y las chapitas para hacer presión, la cara externa de nuestras piezas, las visibles, quedan muy feas estéticamente, tal y como se observa en la siguiente imagen.



Figura 9.13: Pieza de fibra de carbono curada

Para remediar esto, se aplicó un lijado fino para eliminar restos de epoxi que habían quedado, y luego se le dio una pintura negra.

El segundo problema, y mucho más importante, es que al utilizar un laminado no simétrico, de la forma $[0,0,45,0,0,-45,0,0]$, la pieza se retuerce.



Figura 9.14: Pieza retorcida

Para solucionar este aspecto, en la siguiente pieza el laminado fue el siguiente: [0,0,0,-45,45,0,0,0]. De esta manera el problema mejoró notablemente. Además, se consiguió un desmoldeante para materiales compuesto, cedido por Gamesa, mucho mejor que el que estábamos utilizando.



Figura 9.15: Desmoldeante para materiales compuestos

Con este nuevo desmoldeante, el modo de aplicación es el siguiente:

1. Aplicar con un trapo humedecido con el desmoldeante, en una sola dirección el molde.
2. Esperar durante tres minutos y con un trapo seco se le pasa suavemente, para quitar las burbujas, de forma perpendicular a la que habíamos esparcido el desmoldeante.
3. Esperar 20 minutos a que el desmoldeante penetre o se adhiera al molde.
4. Se repite este proceso otras 3 veces, intercambiando la dirección del esparcimiento del desmoldeante entre longitudinalmente y perpendicularmente.

Para hacer el corte con las medidas de cada viga, se utiliza una sierra circular con un disco para cortar fibra de vidrio o de carbono. Se puede poner guía a esta herramienta para que el corte sea perfectamente recto. Así, las piezas ya estarían preparadas para pegarlas a las piezas de aluminio que correspondan.

➤ FABRICACIÓN EN SERIE

En este espacio lo que se pretende es ponerse en la situación de tener que realizar la pieza en cuestión de manera continua, extender la fabricación unitaria a una industrialización como si de una empresa se tratase.

Los principales objetivos que se deben alcanzar son, reducción de costes por pieza y mayor velocidad de producción. Para conseguir todo ésto, en cada pieza analizada a continuación propondré posibles soluciones o tecnologías de fabricación más adecuadas para la producción en serie.

Volviendo a las vigas de fibra de carbono, considero que el diseño es suficientemente sencillo como para no tener que modificarlo. Así que tengo que buscar un método menos rudimentario de fabricarlas y lo más automatizado posible, siempre y cuando la amortización de la maquinaria se recupere en un plazo relativamente cercano.

Tratándose de algo novedoso, como son los materiales compuestos, me extenderé en exponer los diferentes procesos que existen, ya que considero que son bastante desconocidos hasta ahora. En las sucesivas piezas, las explicaciones serán mucho más livianas.

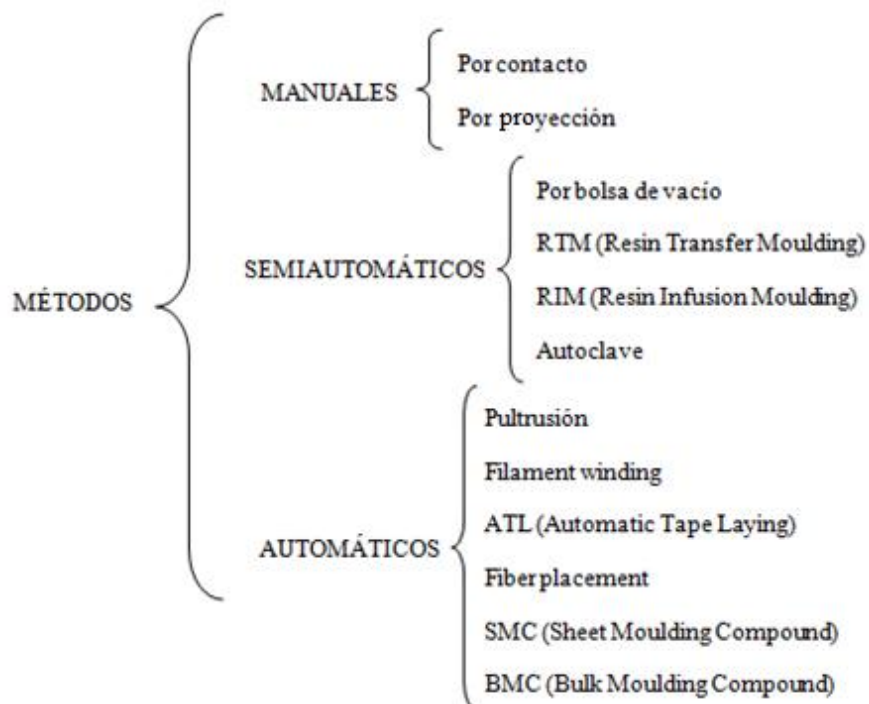


Figura 9.16: Proceso de fabricación para piezas de material compuesto

En la Figura 9.16, vemos una relación de las tecnologías existentes que explicaré a continuación.

1. MÉTODOS MANUALES

Estos métodos son los más sencillos, económicos y artesanales. No necesitan hornos ya que utilizan resinas que curan a temperatura ambiente. Sin embargo, tienen grandes desventajas como la necesidad de la intervención constante de un operario, influyendo de manera importante en las propiedades mecánicas finales.

1.1. Método manual por contacto

Se dispone de un molde preparado con la forma de la pieza, y se unta con un buen desmoldeante. Sobre él, se van apilando las telas de fibra y se van compactando con una brocha o un rodillo. Se realiza de forma gradual para evitar la formación de burbujas y asegurarnos una correcta impregnación de todas las capas. A continuación, se deja curar la pieza a temperatura ambiente para finalmente desmoldearla.

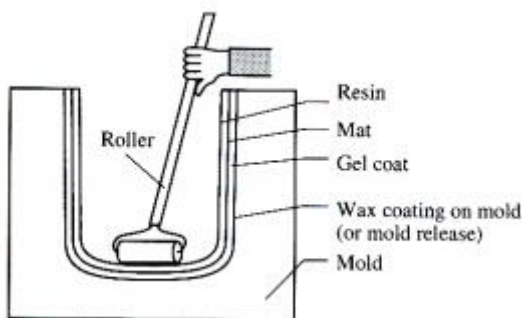


Figura 9.17: Método de contacto manual

1.2. Método manual por proyección

Se proyectan simultáneamente fibras cortas y resina a un molde preparado mediante una pistola de aire a presión. Rápidamente se pasa un rodillo antes que la resina endurezca y se deja curar como en el caso anterior. La desventaja es que no es preciso calcular el espesor y puede no ser uniforme en toda la pieza. Este método se suele usar para grandes piezas y con fibras de vidrio y matrices de poliéster.

2. MÉTODOS SEMIAUTOMÁTICOS

Estos métodos son los más utilizados en las fábricas. A diferencia de los manuales, estos métodos solamente necesitan apoyo externo en determinadas fases del proceso.

2.1. Método semiautomático por bolsa de vacío

Este es el método más utilizado para la fabricación de piezas de material compuesto. Consiste en utilizar el vacío para mejorar la compactación.

En un principio, fue el método elegido para la fabricación de nuestras vigas. No repetiré el proceso de fabricación ya que está desarrollado en la sección anterior.

2.2. Método RTM (Resin Transfer Moulding)

Este método requiere una gran inversión, ya que es necesario tener un molde y un contramolde, y un sistema de inyección de resina a presión.

Tiene la ventaja de conseguir muy buen acabado superficial por las dos caras de la pieza, llegando incluso a tolerancias muy ajustadas.

Consiste en colocar la fibra seca entre el molde y el contramolde, y con el sistema cerrado inyectar la resina. La propia resina crea una sobrepresión para la eliminación de posibles burbujas en el interior.

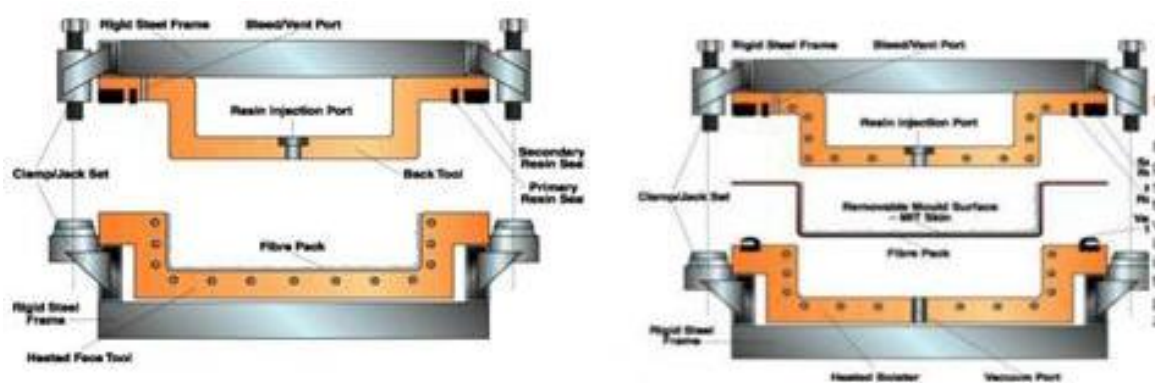


Figura 9.18: Método RTM

Este sistema utiliza resinas de baja viscosidad para una impregnación óptima, de velocidad de curado alta, y normalmente se utilizan prensas ya que se pueden llegar a alcanzar los 100 bares de presión.

Mediante este método podemos fabricar piezas de espesores muy grandes, pudiendo alcanzar piezas de espesores entre los 60 – 80mm. Es un procedimiento rápido, que permite procesos de fabricación en serie y se suele emplear mucho en automoción de gama alta.

2.3. Método RIM (Resin Infusion Moulding)

En este método la resina se introduce mediante vacío. Se coloca el laminado de fibra en el molde con los mismos componentes que en el caso de bolsa de vacío, se hace vacío y por otro tubo irá entrando toda la resina necesaria para la fabricación de la pieza.

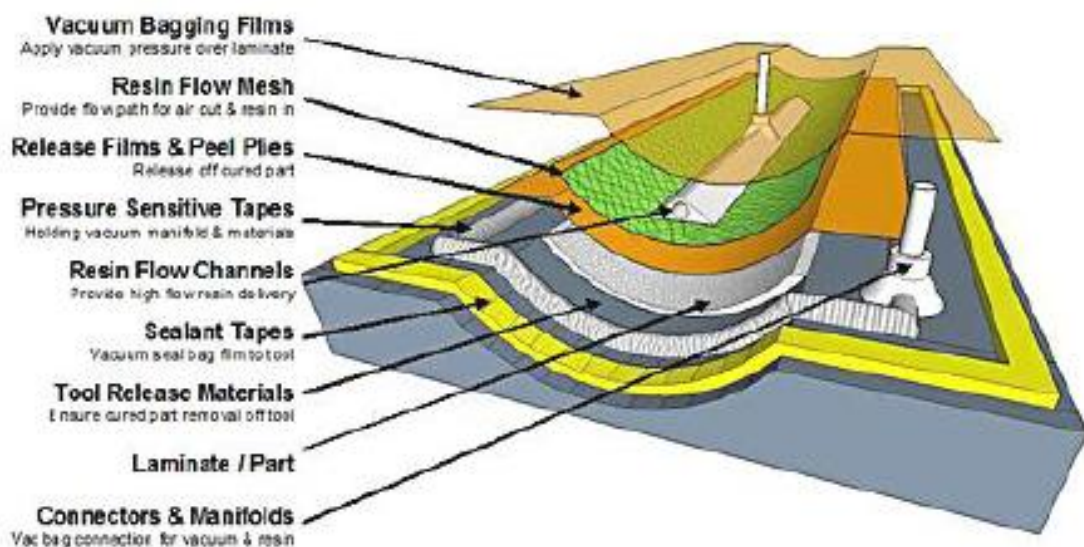


Figura 9.19: Componentes del método RIM

Como se observa en la imagen, hay componentes que se utilizan para mejorar la impregnación y optimizar el proceso para que la resina pueda llegar a todos los lados. Uno de ellos es una malla que se pone por todo y sirve para que la resina fluya mejor. El otro es un tubo cortado en espiral para que cuando la resina entre, fluya por todo el tubo a gran velocidad y así empieza a impregnar mejor por toda la pieza.

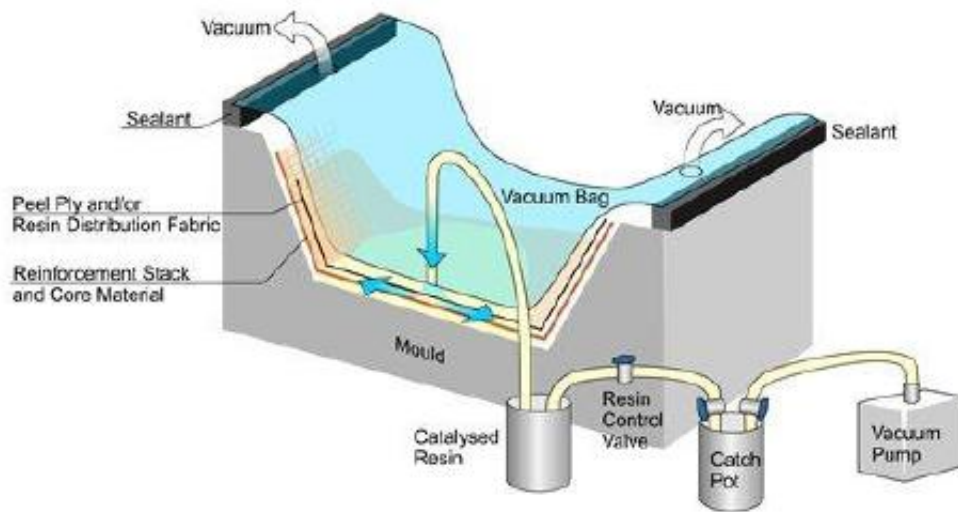


Figura 9.20: Método RIM

Con este método se puede lograr un mejor ratio fibra-resina que en el caso de bolsa de vacío, ya que permite un menor contenido en resina. Además se obtiene un laminado más resistente. Es un sistema limpio y barato ya que evita el uso de resina durante el proceso de precompactación y permite fabricar superficies complejas.

2.4. Método con autoclave

No es un método como tal, sino un elemento que complementa muchos de los procesos anteriores (como el método de bolsa de vacío y con pre-impregnados), y por eso merece una mención en este apartado.

Sus ventajas es que se consiguen unas piezas de una calidad excepcional, mejor curadas, más densificadas, más homogéneas y con menor porosidad. Su principal desventaja es su elevado coste ya que para piezas grandes se necesitan autoclaves de gran capacidad y de complejo mantenimiento. Además este sistema tiene una carencia de producción muy grande lo cual también hace que sea más caro producir en cantidad.

La autoclave se utiliza fundamentalmente en aeronáutica y en componentes de automoción para vehículos de competición.

3. MÉTODOS AUTOMÁTICOS

Estos métodos son los más sofisticados, y generalmente se complementan con alguno de los métodos anteriores.

3.1. Pultrusión

Es el único proceso que se puede hacer de manera continua, siempre es un perfil rígido de sección constante y longitud no limitada. Hoy en día incluso con huecos internos.

Consiste en una alimentación continua de fibras dentro de una boquilla caliente en una orientación preseleccionada, en el interior se impregna la resina y a continuación se comprime para darle la forma de la sección final. Durante el paso por la matriz se produce un curado parcial o total, y al salir aparece ya la pieza terminada. El proceso consta de un impregnado, conformado, curado y corte.

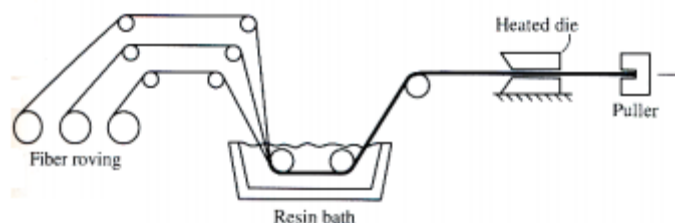


Figura 9.21: Esquema del proceso por pultrusión

Se usa para fabricar formas estructurales como vigas, canales o tubos. Por cómo se fabrican las piezas, la fibra siempre va orientada en la dirección longitudinal, con esta técnica se consiguen piezas con unas resistencias muy altas, pero sólo en una dirección.

Las ventajas es que es un proceso continuo y muy rápido, se controla de manera muy precisa la cantidad de resina, son productos de elevada resistencia y se elimina la elaboración de preforma de fibras.

Por el contrario está limitado a componentes de sección transversal constante y al tener una única dirección de las fibras provoca que sus aplicaciones sean limitadas.

Estas piezas son las más baratas que hay en el mercado y siendo piezas de gran calidad.

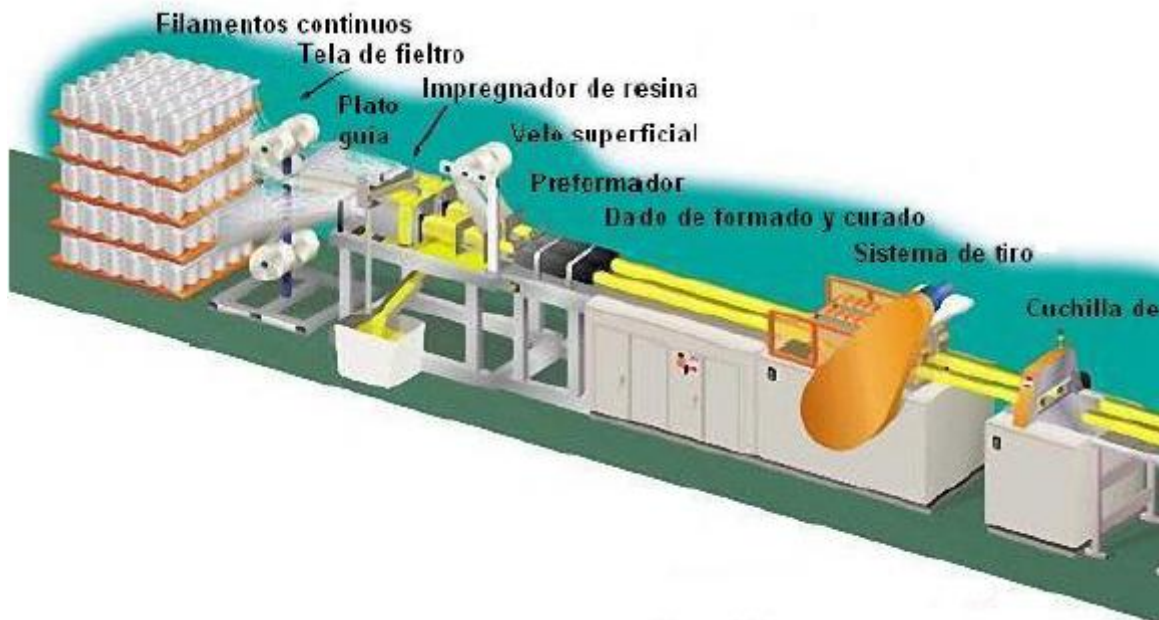


Figura 9.22: Pultrusión

3.2. Método Filament winding

Es una tecnología de bobinado, consiste en pasar hilos continuos de fibra sobre rodillos y guías, pasando por un baño de resina, para enrollarlos después sobre un mandril con ángulos pre-establecidos usando una máquina controlada por un programa. La resina cura parcial o totalmente antes de sacar el componente, normalmente un tubo, del mandril.

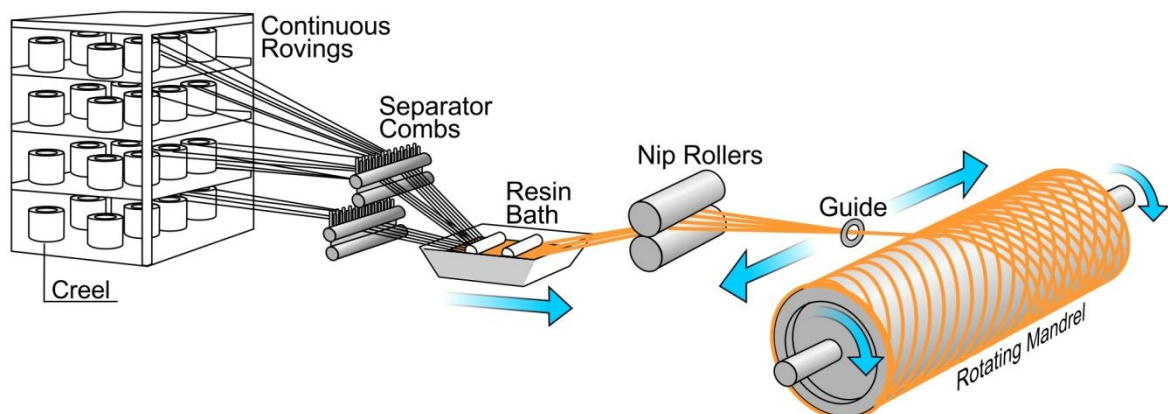


Figura 9.23: Método Filament winding

Con este método se hacen componentes en los que va a tener una presión interna muy grande o piezas que van a trabajar mucho a torsión. Se fabrican piezas con grandes diámetros y puede llegar a velocidades de fabricación de hasta 750Kg/h, produciendo unidades de más de 200 m² de superficie.

Se suele utilizar moldes desechables que se vayan a quedar dentro de la pieza de fibra para siempre. Ésto se debe a que se fabrica estirando la fibra y por lo tanto luego sacar el molde es muy complicado.



Figura 9.24: Fabricación con el método Filament winding

3.3. Método ATL (Automatic Tape Laying)

A este método también se le llama encintado automático. Solamente se utiliza en aviación, ya que la maquinaria es muy cara y extremadamente compleja.

En este método, una máquina coloca una banda de preimpregnado creando la pieza tal y como se requiera. Siempre es necesario utilizar una bolsa de vacío en el curado y casi con toda seguridad se utilizará una autoclave. El prepreg se introduce en la máquina en rollos y normalmente es unidireccional.

El problema de estas máquinas es que no son capaces de colocar las bandas de forma que no sean rectas, se puede cortar la banda longitudinalmente para poder trazar la curva pero es bastante complejo y para ello ya existe otra máquina.

3.4. Método Fiber placement

Estas máquinas colocan fibra a fibra, o mejor dicho tow a tow (un pequeño conjunto de fibras). De esta forma podemos describir todas las curvas que queramos y podemos fabricar todo lo compleja que sea la pieza de material compuesto.

Este es el método más complejo, más moderno, el de mejor resultado y por ello el más caro. Únicamente se utiliza para piezas realmente complejas, exigentes y normalmente para aeronáutica, trasbordadores espaciales o satélites.

3.5. Método SMC (Sheet Moulding Compound)

Este método es para utilizar con matrices termoestables, y con fibra corta de refuerzo, normalmente entorno a los 25 mm. de longitud de la fibra.

Al igual que el método por pultrusión, es un proceso continuo, la fibra corta se deposita sobre la superficie de una pasta y a continuación se enrolla la pasta en bobinas, colocando una película antiadherente sobre la capa superior de modo que al enrollarlo las diferentes capas no se pequen. De esta manera se almacena hasta el conformado final, es posible que haya que almacenar en temperatura controlada.

Para finalizar la pieza se introduce en un molde prensa que le dará la forma final a la pieza.

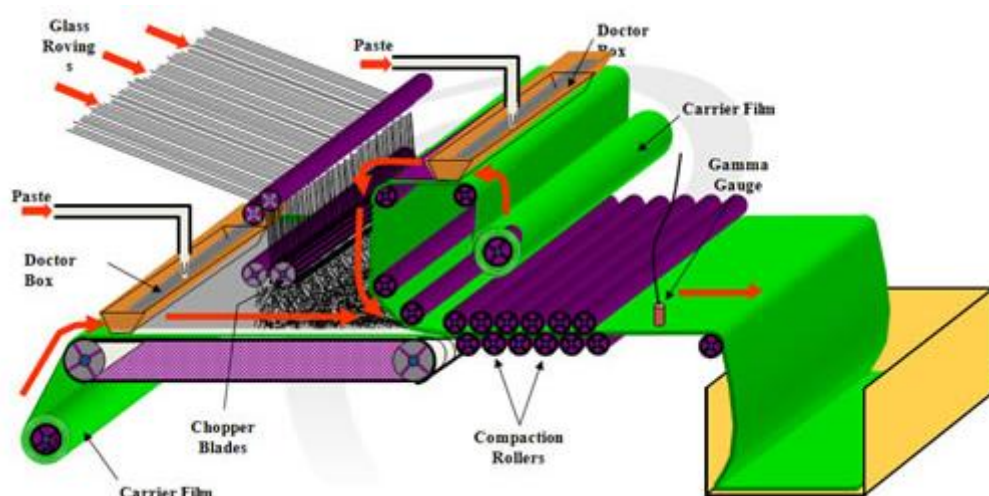


Figura 9.25: Método SCM

3.6. Método BMC (*Bulk Moulding Compound*)

Este proceso es similar al SMC, pero en vez de obtener una lámina obtenemos una pasta con cierta viscosidad, se puede compactar o incluso inyectar. El volumen en fibra es menor, entre un 10% y un 30%. La longitud de la fibra también es menor en torno a 12.5 mm.

Este proceso de fabricación permite realizar piezas con geometría muy compleja excelente acabado superficial y elevadas propiedades mecánicas.

9.1.2 Soportes laterales del bastidor

Estas piezas corresponden con:

- Plano 9: *“Soporte lateral superior derecho”*
- Plano 10: *“Soporte lateral superior izquierdo”*

Al igual que en el caso de las vigas, ya que estas piezas son similares y el proceso de fabricación idéntico, se explicará cómo obtener una de ellas, siendo el mismo procedimiento para la otra.

➤ DESCRIPCIÓN

Estos pequeños soportes van pegados a las vigas de fibra de carbono en el bastidor. Su única función es la de ayudar a mantener el motor en su posición correcta, a modo de sujeción.

Cada uno está formado por dos chapas de fibra de carbono con un núcleo de madera laminada, como se observa en la imagen 9.25. A su vez, llevan un casquillo de nylon para absorber la fuerza y atenuar las vibraciones que produzca el motor, de manera que no soporten grandes cargas ni esfuerzos.

El soporte derecho forma una curva para que no entre en contacto con el motor.

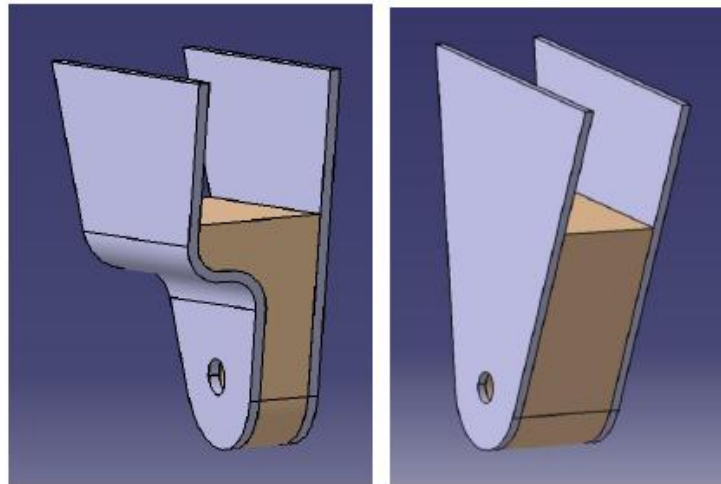


Figura 9.26: Detalle de los soportes laterales del bastidor

➤ FABRICACIÓN UNITARIA

Para fabricar estas sencillas piezas de manera unitaria, basta con usar la misma técnica que utilizamos en la fabricación de las vigas.

Primero elaboramos un molde con el perfil requerido, que este caso es especialmente simple ya que hay tres chapas iguales y totalmente planas, y un contramolde con el que haremos presión. Ya que se trata de piezas muy pequeñas y delgadas, unos sargentos podrían ser suficientes para mantener los moldes presionados.

La temperatura y el tiempo de curado en el horno sería idéntico (2 horas a 120°C) al tratarse de fibra de carbono.

Para pegar las chapas al núcleo y a las vigas, hay que utilizar un adhesivo especial para fibra de carbono, sino no aguantará. Comercialmente buscamos un pegamento estructural epoxi, en tiendas especializadas u online.

Alternativamente a este proceso, también sería una manera fácil de fabricarlas haciendo una lámina de fibra de carbono con el espesor requerido, y después recortarla con las formas de las chapas deseadas.

➤ FABRICACIÓN EN SERIE

Las tecnologías de fabricación para piezas de fibra de carbono ya se han detallado para el caso de las vigas. Todas esas tecnologías son extensibles a cualquier tipo de pieza de ese material, pero para la fabricación de estos pequeños soportes veo excesivo cualquiera de esas máquinas.

Si la máquina con la que realicemos las vigas tiene la posibilidad de cambiar de molde de manera rápida y sencilla, se podría aprovechar la misma herramienta para hacer tiradas de soportes.

Si la opción anterior supone retraso o exceso de inversión, lo mejor será subcontratar esas piezas, o buscar una máquina cortadora que nos realice las piezas a partir de láminas de fibra de carbono, como lo propuesto para fabricación unitaria de manera más automática.

Sin duda alguna, la mejor opción para la fabricación de estas piezas sería incorporarlas en la fabricación de las vigas, como si de una sola pieza se tratase, evitando así el uso de pegamentos y posibles problemas futuros.

9.2 Piezas de aluminio

Como ya se ha hecho énfasis anteriormente, el prototipo diseñado esta vez se trata de un diseño híbrido, combinando piezas innovadoras de fibra de carbono, con piezas de aluminio que unen las anteriores con las piezas de acero, situadas básicamente en el tren delantero y trasero de la motocicleta.

Es el momento de estudiar las piezas de aluminio que componen la estructura, y su proceso de fabricación.

El aluminio elegido para todas ellas, es el aluminio 6061 T6, por su elevado límite de rotura (310 MPa), sus excelentes propiedades mecánicas, y por ser un material ligero, factor muy importante en el motociclismo de competición.

9.2.1 Pipa de dirección

Esta pieza corresponde con:

- Plano 7: “*Pipa dirección*”

➤ DESCRIPCIÓN

La pipa de dirección es uno de los elementos estructurales del chasis que está sometido a mayores tensiones por lo que hay que prestar especial atención a su diseño.

La pipa une la horquilla al chasis, y aloja en su interior unos rodamientos que son los que permiten girar la dirección a uno u otro lado. Por lo general, su diseño suele ser el de un cilindro a través del cual pasa un eje que une las tijas. En nuestro caso es un cilindro no continuo, por tanto su concentricidad es una importante tolerancia geométrica a cumplir.

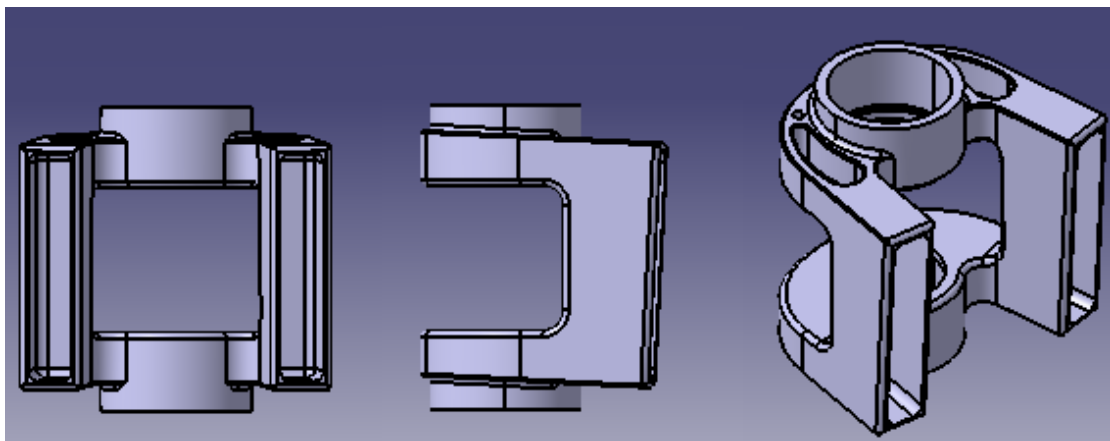


Figura 9.27: Vista frontal, lateral e isométrica de la pipa

Un requisito fundamental en el diseño, es que interfiera lo menos posible en el paso del aire del airbox, es por ello que dispone de una sección hueca.

La entrada del aire del airbox se encuentra en la parte frontal del carenado, que este es el punto de mayor presión. Ésto hace que el camino que debe seguir el aire hasta llegar al carburador pase directamente por la posición de la pipa.

A su vez, nuestra pipa tiene dos zonas en las cuales se pegarán las vigas de fibra de carbono que la unen con el bastidor.

Tanto en la superficie superior como inferior, tiene unos pequeños taladros que sirven para anclar la araña de la motocicleta y las sujeciones del radiador, respectivamente.

Por último, contiene vaciados con el fin de reducir el peso de la pieza y por consiguiente el peso global de la moto.

➤ FABRICACIÓN UNITARIA

La pipa de dirección, debida a su diseño, es una de las piezas más complejas del prototipo. Con las herramientas que tenemos resulta inviable fabricarla en nuestro talleres de manera óptima.

En piezas de estas características, es irremediable invertir presupuesto y contratar una empresa de mecanizado. Es importante que componentes clave, como éste, se fabriquen de manera precisa para que luego no haya problemas de montaje ni de funcionalidad.

Por tanto, la tecnología más adecuada para fabricar la pipa de dirección es el mecanizado en un centro de 5 ejes.

Un mecanizado de este tipo es uno de los procesos más caros que existe, debido a las sofisticadas máquinas que necesita. En nuestro caso, la fabricación de nuestra pipa nos la han presupuestado aproximadamente en 300€, hay que tener en cuenta que realizar una única unidad encarece considerablemente el precio.

Un centro de mecanizado de 5 ejes como los utilizados en las grandes empresas, puede costar entre 500.000 – 1.000.000€, una cantidad asustadiza para una estudiante.



Figura 9.28: Centro de mecanizado de 5 ejes

Estas máquinas están diseñadas para mecanizar piezas complejas, superficies laterales y angulares y contrasalidas que requieran interpolar simultáneamente en 5 ejes, con un número mínimo de amarres.

La disposición cinemática más habitual en estas máquinas es en la que la herramienta no se puede inclinar y es la pieza, junto con la mesa, la que gira para conseguir los 5 ejes.

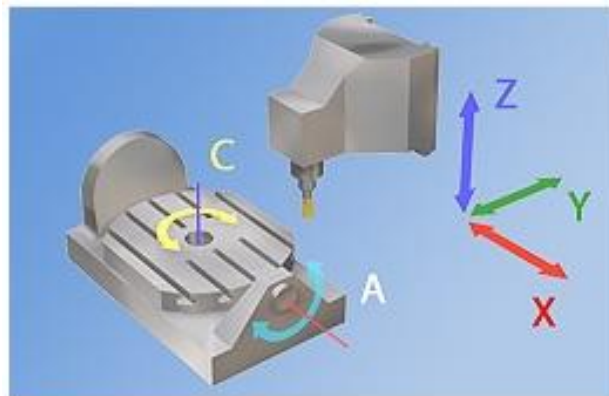


Figura 9.29: Cinemática general de las máquinas de 5 ejes

Los centros de mecanizado poseen las siguientes características:

- Son reconfigurables, por lo que pueden cambiar rápidamente de configuración para realizar diferentes tareas de mecanizado sobre una pieza.
- La flexibilidad y versatilidad debida al alto grado de automatización las hace capaces de realizar diversas operaciones de mecanizado de una pieza.
- La uniformidad en la producción, que es importante en las producciones en serie.
- Alta velocidad de producción, ya que realizan gran cantidad de operaciones de forma automática sobre la pieza.
- Buen acabado superficial, lo que las hace aptas para dar la forma final a las piezas fabricadas.
- Consigue acabados superficiales de hasta un Ra de 0,2 μm .

Una máquina de CNC se difiere de una máquina de herramienta convencional en los siguientes aspectos:

- El operario puede manejar varias máquinas CNC a la vez.
- No se necesita consultar apenas el plano.
- El programa tiene todo el control de los parámetros de corte.
- Existe la posibilidad de realizar prácticamente cualquier tipo de mecanizado.
- Tiene un elevado costo de máquinas, accesorios y mantenimiento.
- Se necesita mantener grandes volúmenes de producción para amortizar costes.

➤ FABRICACIÓN EN SERIE

Estamos ante una pieza difícil de optimizar. Si tenemos que fabricar esta pieza de manera continua, también se realizaría con una máquina de 5 ejes, ya que no hay ninguna otra tecnología que consiga esa precisión.

Para conseguir industrializar esta pieza se podría:

1. Modificar el diseño de la pieza a una más sencilla y rápida de mecanizar. Por ejemplo eliminar los vaciados, siendo una pieza más robusta, siempre y cuando el aumento de la productividad compense el aumento de gasto en material.
2. Ajustar al máximo el tocho de material base a las medidas finales de la pipa para ahorrar tiempo de mecanizado y de material
3. Si la empresa puede permitirse comprar máquinas sofisticadas, el proceso será más corto y exacto. Por ejemplo, con accionamientos lineales altamente dinámicos en todos los ejes, se puede alcanzar aceleraciones de hasta 2 g y velocidades de avance rápido de hasta 90 m/min, viéndose reflejado en hasta un 20 % más de productividad.

9.2.2 Soportes traseros

Estas piezas corresponden con:

- Plano 11: *“Soporte trasero derecho”*
- Plano 12: *“Soporte trasero izquierdo”*

Como vengo haciendo, ya que estas piezas son similares y el proceso de fabricación idéntico, se explicará cómo obtener una de ellas, siendo el mismo procedimiento para la otra.

➤ DESCRIPCIÓN

Se trata de dos soportes que van pegados a las vigas de carbono del bastidor, permitiendo unirlos a otros elementos como el basculante y el amortiguador. Son las piezas más grandes de la motocicleta y debido a su función, es indispensable conseguir un exacto posicionamiento de sus taladros.

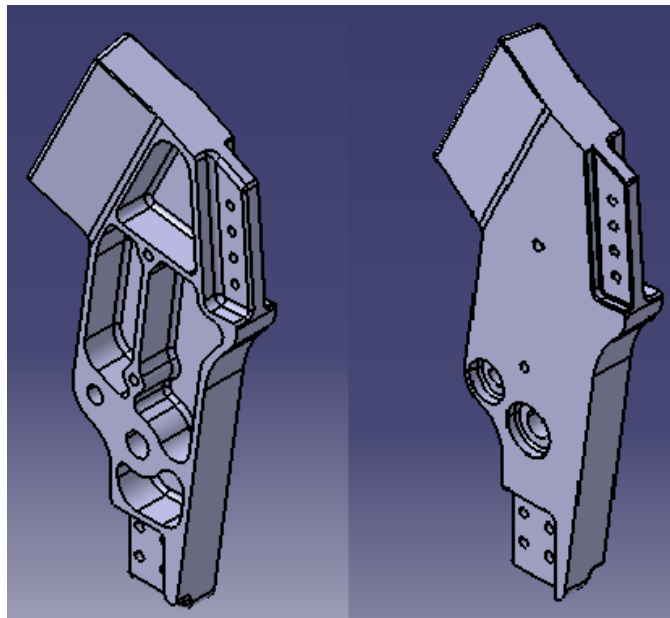


Figura 9.30: Detalle de los soportes laterales del bastidor

Los taladros superiores permiten la sujeción del soporte del muelle, que veremos más adelante, y los inferiores el del soporte de links.

También dispone de dos agujeros cilíndricos, uno para el eje en el cual se sujeta el motor por su parte trasera y el otro para el eje que une el bastidor con el basculante.

Al igual que la pipa, estas piezas también tienen vaciados para ahorrar material y que no afectan en el funcionamiento de las mismas.

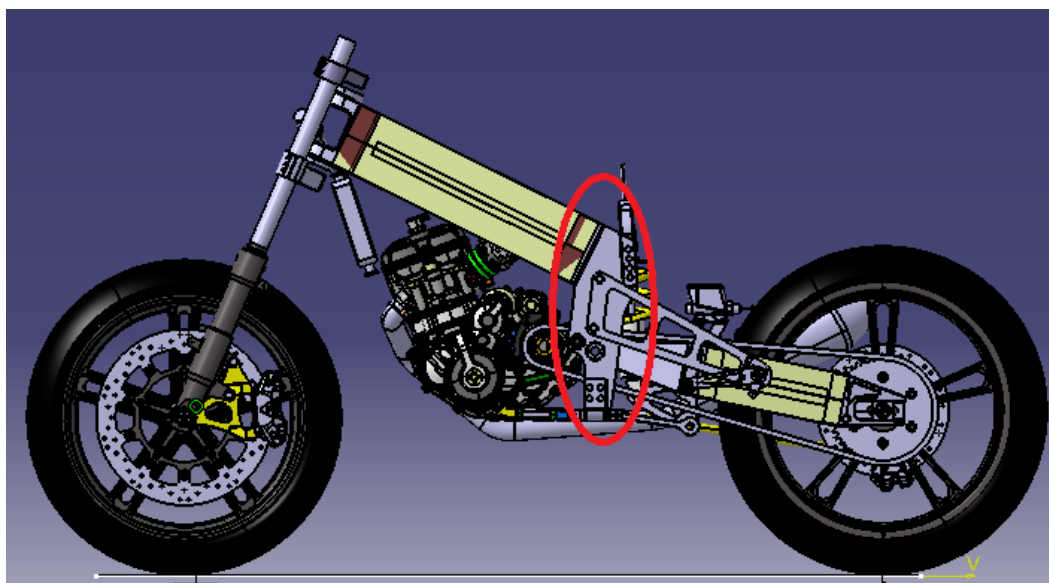


Figura 9.31: Posicionamiento de los soportes laterales del bastidor

➤ FABRICACIÓN

Estamos ante el mismo caso que en la pipa de dirección. Por la complejidad de estos soportes, el proceso de fabricación también será mediante un mecanizado de 5 ejes, tanto para una producción unitaria como en serie.

Las simplificaciones anteriores para una fabricación en serie, también son válidas para estos soportes, siempre y cuando salga rentable.

Para una máquina de esas características es extremadamente sencillo fabricarlas, simplemente hay que introducir el archivo CAD en el programador de control numérico, y automáticamente se pone a producirla.

9.2.3 Soporte de links

Esta pieza corresponde con:

- Plano 13: “*Soporte links*”

➤ DESCRIPCIÓN

El soporte de links es una pieza sencilla pero importante. Sobre ella cae el esfuerzo que transmiten los links y el que transmite el motor a través del soporte inferior.

La geometría de este soporte se muestra en la siguiente imagen:

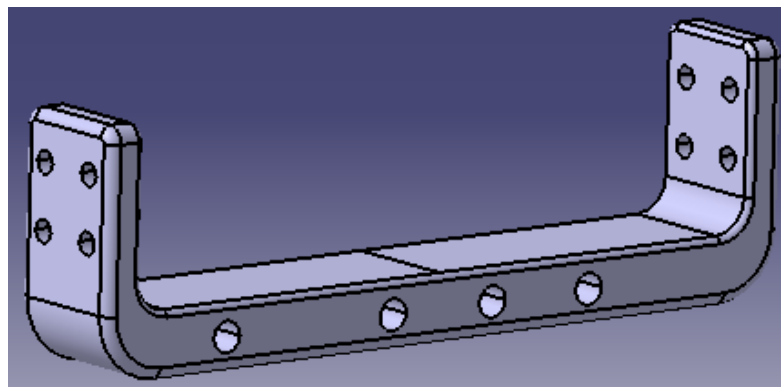


Figura 9.32: Detalle del soporte de links

Los cuatro taladros de las orejetas sirven para atornillar las piezas que acabamos de ver, los soportes laterales. Es muy importante que estos agujeros estén correctamente posicionados para que encajen todos.

También tiene cuatro agujeros pasantes en la cara frontal, en los que se ponen cuatro pequeños anclajes de acero, dos para los link del rocker y otros dos para el soporte inferior del motor.

Otra tolerancia a tener en cuenta a la hora de fabricar esta pieza, es la planicidad de la cara externa de las orejetas, ya que es la que va en contacto con los soportes laterales del bastidor, que también tiene impuesta la misma tolerancia.

➤ FABRICACIÓN UNITARIA

Una vez más, estamos ante una pieza que se fabrica con máquina de control numérico de 5 ejes. Ya adelanto que la mayoría de las piezas, al tener un diseño único y tener que fabricar una sola unidad, hay que encargarlas a una empresa de mecanizado para que nos las hagan de manera personalizada, por tanto la tecnología usada es la de 5 ejes.

Sin embargo, piezas sencillas y que no precisen gran acabado, podemos mecanizarlas en nuestros talleres.

En el caso de este soporte, podemos aprovisionarnos de una viga de aluminio cuyo perfil se asemeje, y con un simple corte a modo de rebanada obtener la pieza. Más dificultad tiene posicionar bien los taladros para que encajen perfectamente con las piezas adyacentes.

➤ FABRICACIÓN EN SERIE

El procedimiento de conformado más importante para fabricar piezas de aluminio es, junto con la laminación, la extrusión. La extrusión de aluminio es un proceso en el que el metal es tratado térmicamente y empujado a través de una matriz para crear un perfil con el formato y los parámetros de diseño deseados por el fabricante.

Esta fabricación requiere tolerancias estrictas para garantizar la interconexión precisa con otras partes, pues los perfiles de aluminio pueden diseñarse para ensamblarse y producir piezas y estructuras más fuertes.

Por el procedimiento de extrusión, que a continuación describiré, se fabrican barras, tubos y perfiles. En cuanto a las secciones (perfiles) que se logran con la extrusión, se pueden fabricar perfiles con secciones asimétricas y considerables diferencias en cuanto al espesor de paredes, perfiles abiertos o semiabiertos, así como perfiles huecos; también se pueden fabricar perfiles cuya sección transversal presente diversas oquedades o grandes diferencias entre la altura y la anchura total.

Así, la fabricación de un producto de aluminio utilizando el proceso de extrusión, ayuda a producir de una manera más rentable una forma muy precisa.





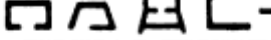

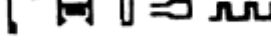


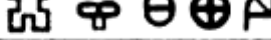
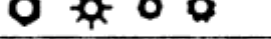
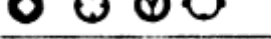
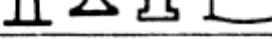
Grupos de formas	Denominación de la forma	Ejemplos
A	Barras	
B	Barras conformadas	
C	Perfiles normales	
D	Perfiles macizos simples	
E	Perfiles semiabiertos	
F	Perfiles cambios bruscos de sección y paredes finas. Perfiles anchos	
G	Perfiles con lenguetas desfavorables y hendiduras muy estrechas	
H	Tubos de formas sencillas	
J	Perfiles huecos sencillos	
K	Perfiles huecos compli. y con dos o más huecos	
L	Tubos de forma con perfilado externo	
M	Tubos de forma con perfilado interno, o K + L	
N	Grandes perfiles huecos o perfiles huecos anchos	

Figura 9.33: Formas de los perfiles de aluminio en orden de dificultad

En función del proceso de extrusión, material utilizado y temple realizado, se obtendrán diferentes características mecánicas de los perfiles y diferentes calidades en los acabados, lo que nos permite poder realizar productos con multitud de aplicaciones en construcción (ventanas, puertas,...), fabricación de maquinaria, industria médica, automoción, aviación, etc.

La mayor parte de las perfiles extruidos del mercado pertenecen a la serie 6000 (aluminio-magnesio-silicio) .- 6060, 6061, 6063, 6103, 6082,... (con tratamientos térmicos T4, T5, T6, etc.)

En el caso de nuestro soporte, es un proceso adecuado ya que según la tabla del Anexo 11, la extrusión produce piezas con un 0.2 μm como máximo de rugosidad.

Veamos ahora qué etapas conforman este proceso:

1. EXTRUSIÓN

Este proceso consiste en hacer pasar una masa de aluminio 6061 de forma cilíndrica, comúnmente denominada tocho, semisólida a causa de un calentamiento previo (entre 300 y 600°C) por el émbolo de una prensa, a través de un útil de acero templado (matriz) en el que se ha practicado un vaciado similar a la sección del perfil que queremos obtener, en este caso en forma de U. El tocho de aluminio es presionado por el émbolo de la prensa (máquina de grandes dimensiones en que se realiza la extrusión) y al mismo tiempo el perfil, todavía con una consistencia muy baja debido a la alta temperatura de su masa, es asistido en su salida mediante la tracción de un carro que se desliza sobre raíles de gran longitud. Así, El perfil obtenido no presenta una geometría rectilínea en toda su longitud ni uniforme en su sección, a consecuencia de la deformación producida por el propio peso del mismo y su baja consistencia a la salida de la matriz, resultado de su elevada temperatura. Para conseguir su forma definitiva ha de pasar a una segunda fase.

2. ESTIRADO

Cuando el perfil ya está frío se sujeta en ambos extremos y se somete a una fuerza instantánea de tracción en toda su longitud (estirado), que le confiere su forma definitiva.

3. CORTE

Las barras de perfil obtenidas (de unos 50 m. de longitud generalmente) son ahora cortadas en una sierra circular a la medida requerida, 40 mm.

4. TEMPLE

Ya tenemos los perfiles con la forma y longitud requeridas pero su dureza es muy baja. Para que sean de utilidad para su uso deben ser sometidos a un proceso de templado, consistente en el calentamiento y enfriamiento (en un horno especial de templado) a una temperatura y durante un período de tiempo determinado. Para nuestras piezas el temple utilizado es el denominado T-6 que les confiere la dureza adecuada.

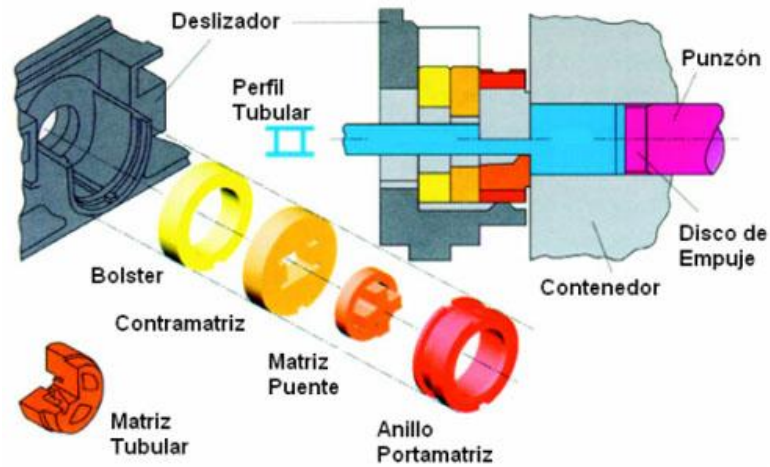


Figura 9.34: Extrusión del aluminio

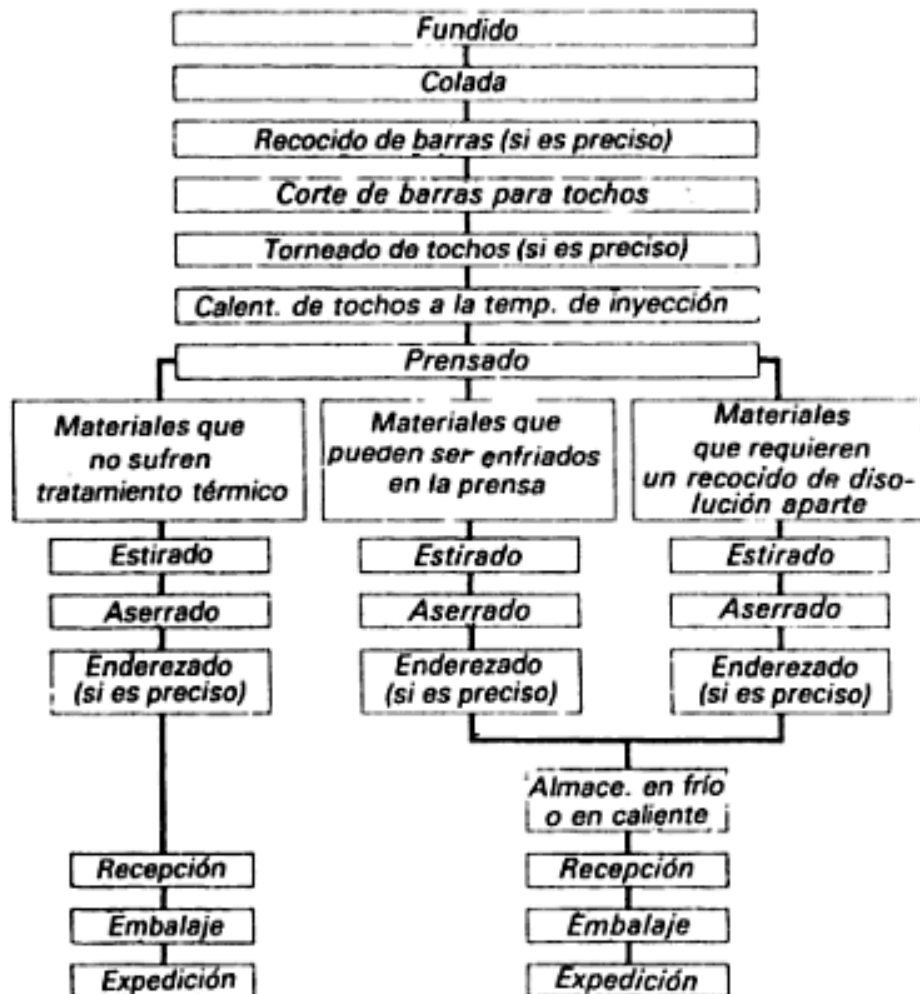


Figura 9.35: Flujo del material en la extrusión de aluminio

Con el fin de obtener un producto lo más uniforme posible y un aprovechamiento óptimo de toda la instalación, se intenta la máxima automatización de la misma. Así, por ejemplo, los procesos desde el calentamiento del tocho hasta la separación del cordón extruido del resto y del disco, se regulan según un sistema programado en la prensa y el horno. En este programa se selecciona no solamente la temperatura del tocho a extruir y la velocidad del pistón de la prensa en las distintas fases del proceso sino, también si ha de trabajarse con o sin refrigeración del bloque, con o sin refrigeración del disco, la frecuencia de control de la hilera y cuando se ha de desmontar para repararla o cambiarla. También se pueden automatizar el transporte y los trabajos posteriores (extracción, refrigeración, estirado, corte). Una vez que se han introducido en la memoria de un ordenador los valores necesarios para los materiales y productos concretos, se pueden mantener velocidades de extrusión óptimas en cada fase del proceso.

9.2.4 Soporte del muelle

Esta pieza corresponde con:

- Plano 14: *“Soporte del muelle”*

➤ DESCRIPCIÓN

Al igual que el soporte de los links, este componente no es de geometría muy compleja, aunque soporta una gran cantidad de esfuerzo debido a que él se ancla el muelle del sistema de suspensión trasera. Este componente va anclado a los soportes traseros del bastidor por unión atornillada, de tal manera que el eje para anclar el muelle esté en la dirección del amortiguador en la posición de máxima compresión de la suspensión.

Las caras externas de la región agujereada, como se indica en el plano, también debe cumplir la tolerancia geométrica de planitud, para asegurar un contacto perfecto con el bastidor. El posicionamiento de los taladros vuelve a ser un requisito muy importante para un correcto ensamblado de las piezas.

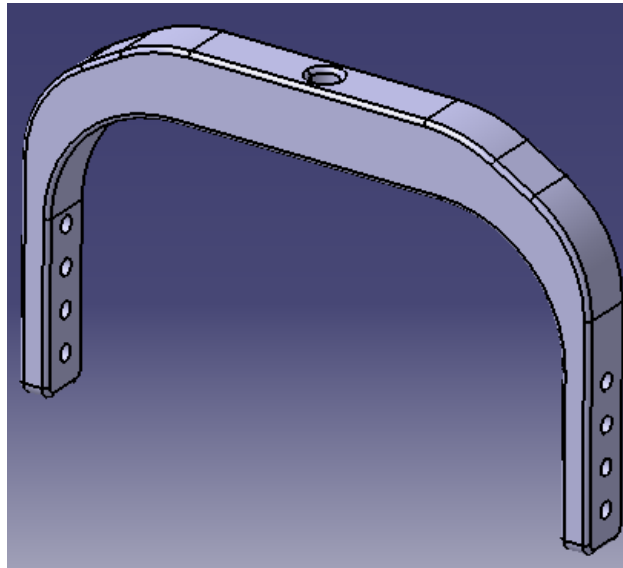


Figura 9.36: Detalle del soporte del muelle

➤ FABRICACIÓN UNITARIA

Esta pieza de aluminio se asemeja al soporte de links recientemente analizado, pero con un diseño ligeramente distinto.

Por tanto, el proceso de fabricación para su obtención es exactamente el mismo que el ya explicado, el mecanizado de 5 ejes. Considero innecesario volver a desarrollarlo ya que sería excesivamente repetitivo.

➤ FABRICACIÓN EN SERIE

En el caso de la fabricación en serie, sucede lo mismo, se utiliza también la extrusión de aluminio para obtener piezas como ésta.

Recordemos que consiste en calentar un tocho de aluminio, y hacerlo pasar por una matriz con la forma del perfil deseado. Esta vez bastará con cambiar la matriz de la extrusora por el de la sección de este soporte, y fabricaríamos vigas con ese perfil.

Por último las cortaríamos cada 24 mm y mecanizaríamos los taladros en una máquina de control numérico.

9.2.5 Soporte inferior

Esta pieza corresponde con:

- Plano 15: “*Soporte inferior*”

Se trata de dos unidades, es decir, dos soportes idénticos, así que se estudia solo uno.

➤ DESCRIPCIÓN

Este soporte es otro de los elementos de sujeción del motor, ya que es el elemento más pesado y debe estar bien anclado a la estructura. Mediante este soporte se sujeta el motor al bastidor por su punto más bajo, evitando así que balancee y reduciendo los esfuerzos soportados en los elementos de anclaje de la zona superior del motor.

Este soporte está formado por las dos piezas de anclaje, de azul y amarillo en la imagen 9.31, dos varillas roscadas (una a derechas y otra a izquierdas), un elemento central hexagonal sobre el cual se actúa con la llave para poder alargar o acortar la distancia entre los ejes de anclaje y las correspondientes contratuercas.

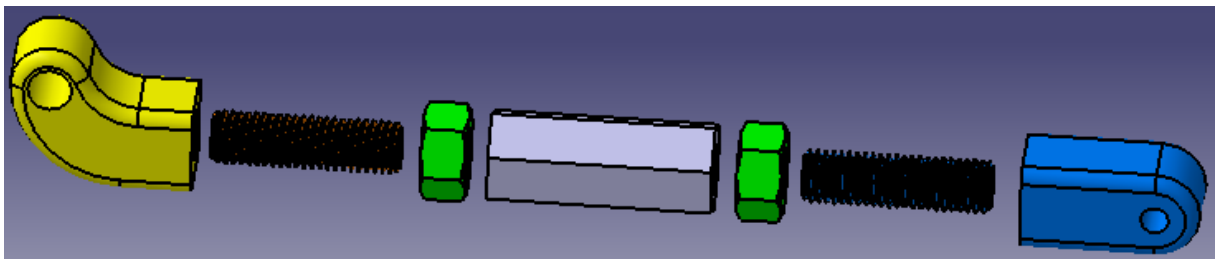


Figura 9.37: Piezas del soporte inferior

En la imagen se observan los elementos desplazados para una mejor visualización, pero en posición de funcionamiento el soporte se vería así:

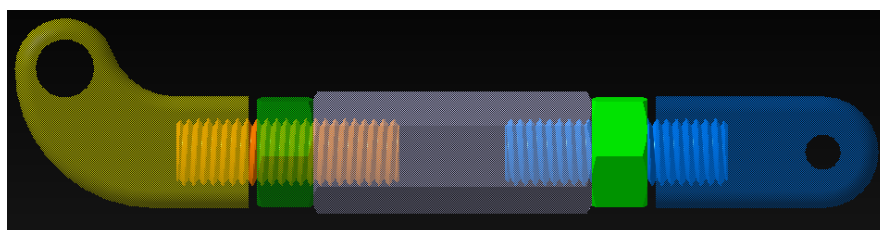


Figura 9.38: Soporte inferior del motor

➤ FABRICACIÓN UNITARIA

Fijándonos en los elementos del soporte, deducimos que lo único a fabricar son las dos piezas de anclaje (pieza azul y pieza amarilla), ya que el resto de elementos, tuercas, varillas roscadas..., son elementos comerciales y por lo tanto se comprarán.

Las varillas roscadas son de métrica 12 y de 42 mm. de longitud, una con rosca a derechas y otra a izquierdas. Las tuercas, dos en cada soporte, se tratan de tuercas DIN934 M12, y por último la pieza central de sección hexagonal y 50 mm. de longitud.

Las piezas a fabricar son también de aluminio 6061, y por tener un diseño particular habrá que volver a recurrir a un mecanizado de 5 ejes, teniendo especial cuidado en la posición de los agujeros pasantes que contienen, ya que serán atravesados por ejes que soportan al motor.

➤ FABRICACIÓN EN SERIE

Si fabricásemos la motocicleta en serie, los elementos normalizados como las tuercas, roscas, etc...se comprarían por lotes para un buen precio por cantidad.

Para las piezas a fabricar, los anclajes, propongo un rediseño de los mismos a fin de facilitar su fabricabilidad y por consecuencia, minimizar el tiempo de proceso y aumentar la producción. Así por ejemplo, si el gasto de material compensa el aumento de productividad, diseñaría un perfil sin redondeos, recto, ahorrando un mecanizado por toda la pieza. También valoraría evitar la forma circular de los extremos por una forma cuadrada, si el espacio lo permitiera.

Cabe destacar, que todas esas variaciones del diseño se realizarían sin influir en la posición relativa de los agujeros pasantes, única tolerancia geométrica exigida.

Una vez encontrado el diseño óptimo, se fabricarían de nuevo por extrusión, como ya se ha explicado. Posteriormente se realizaría un taladrado, de métrica 12 y 20 mm. de longitud, en las caras planas concéntrico a las varillas roscadas. El acabado superficial en estos soportes no es un elemento muy importante.

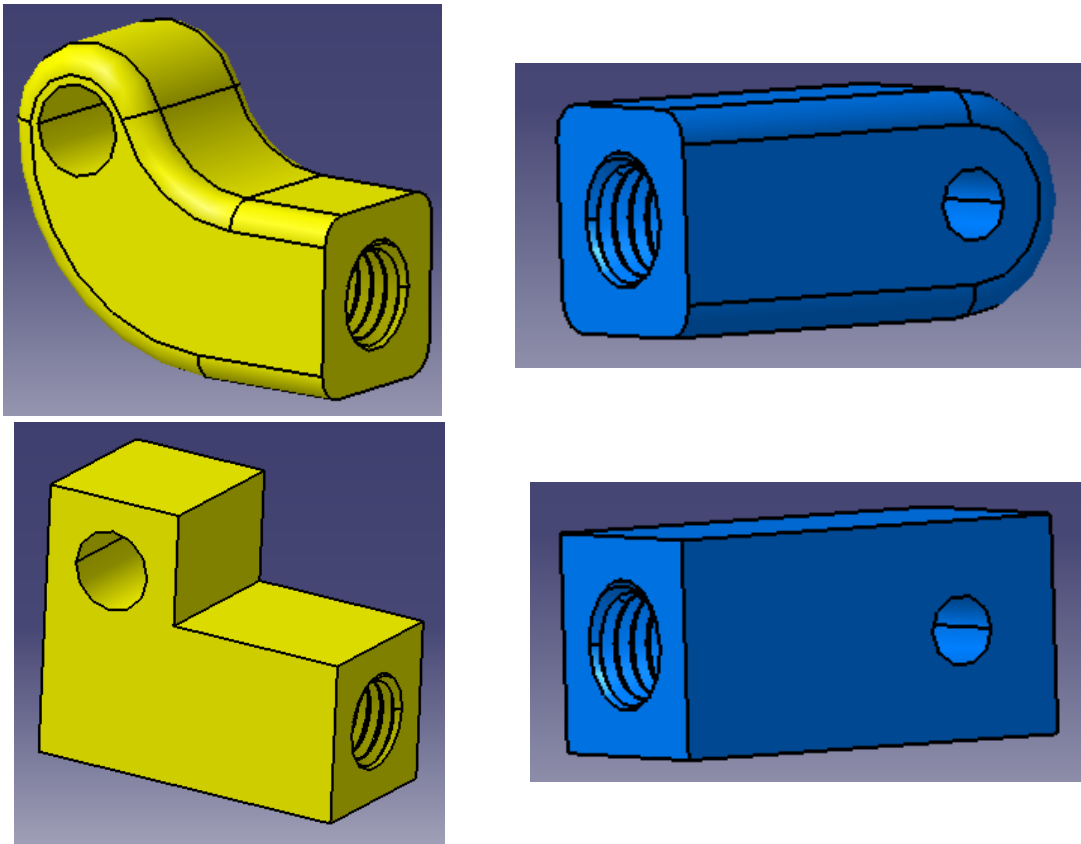


Figura 9.39: Anclajes actuales y rediseñados

9.2.6 Anclaje con el bastidor y el rocker

Esta pieza corresponde con:

- Plano 20: “Anclaje con bastidor y rocker”

➤ DESCRIPCIÓN

Esta pieza y las que faltan de aluminio por estudiar, corresponden ya al conjunto del basculante.

Se trata nuevamente de una pieza relativamente compleja, con un diseño muy particular. Veamos primero una imagen del anclaje para facilitar la comprensión al analizar la forma.

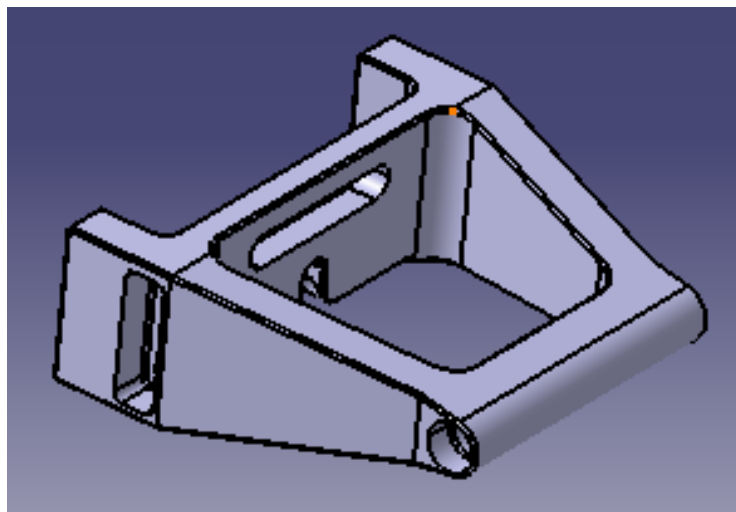


Figura 9.40: Anclaje entre el bastidor y el basculante

Por decisión de los diseñadores del prototipo y del chasis, se decide realizar una unión mediante un eje muy próximo al eje donde va anclado el motor. Este modo de unión permite un anclaje fácil de montar y desmontar pero es una unión con posición fija, por lo que nos quita opciones de mejora del comportamiento dinámico de la moto, sólo pudiendo una vez montado todo jugar con los reglajes de la suspensión trasera para poder optimizar el comportamiento del vehículo.

Por lo tanto a la hora de diseñarla se ha tenido en cuenta el modo de sujeción con el chasis, al ser un eje hubo que prever un espacio para alojar los rodamientos donde asienta el eje.

La pieza también tiene dos caras planas en las que se pegarán las vigas de fibra de carbono del basculante, como ya ocurrió con el bastidor.

Además la pieza tiene diversos vaciados, uno muy grande en el centro de la pieza, sin que afecten a la funcionalidad de la pieza ni a la carga de esfuerzos, simplemente por ahorrar material y disminuir el peso.

Respecto a las tolerancias que debe cumplir, como se observa en el plano número 20, las cotas restrictivas son las anchuras del eje pasante y de la zona de pegado de las vigas, ya que medidas incorrectas impediría el montaje de las piezas adyacentes, y la distancia entre los ejes.

➤ FABRICACIÓN UNITARIA

Aunque esta pieza no requiere un gran acabado superficial, excepto en los agujeros de los ejes, al tener una geometría complicada, para realizar una sola pieza hay que volver a emplear un mecanizado de 5 ejes, con su elevado coste.



Figura 9.41: Mecanizado de 5 ejes

➤ FABRICACIÓN EN SERIE

Al igual que en la fabricación unitaria, se podría fabricar esta pieza en un centro de mecanizado de 5 ejes. En este caso sería conveniente replantearse el diseño, reduciendo vaciados y redondeos que aunque suponga más gasto de material, a la larga se amortice con el aumento de producción.

Existe otra tecnología que puede resultar más económica y adecuada para este tipo de piezas, la conformación por moldeo. Aprovechando este anclaje explicaré en qué consiste este proceso que hasta ahora no lo había nombrado.

El moldeo (también conocido como fundición o colada) es una técnica que consiste en calentar el material hasta su punto de fusión y, en ese momento, verterlo en un molde con la forma de la pieza que se pretende obtener.

Para empezar, veamos los diferentes tipos de moldeo y cual es más apropiado para nuestro objetivo.

En primer lugar, distinguimos entre:

- **Moldeo en frío:** En el molde se vierten mezclas líquidas o semi-líquidas de sustancias que luego endurecen como un sólido rígido. Ejemplos: resinas plásticas y epoxi, concretos y morteros, yeso...
- **Moldeo en caliente:** Se vierten en el molde materiales licuados por fundición. Ejemplos: metales, ceras, caramelos, etc.

Como nuestra pieza va a estar fabricada de un metal, el aluminio, hay que elegir un proceso *de moldeo en caliente*, es decir, primero habrá que fundir el material.

Por otro lado, también existe otra clasificación:

- **Moldes desechables:** Se tratan de moldes que se estropean o hay que romperlos para obtener la pieza, por tanto no se pueden seguir utilizando. Suelen ser moldes de arena, yeso o materiales similares.
- **Moldes permanentes:** Se usa un molde metálico construido en dos secciones que están diseñadas para cerrar y abrir con precisión y facilidad. Los moldes se hacen comúnmente de acero o hierro fundido, y los materiales que se funden comúnmente en molde permanente son: aluminio, magnesio, aleaciones de cobre y hierro fundido.

Para una fabricación en serie como es el caso que no ocupa, necesitamos *moldes permanentes*, de manera que no haya que crear un molde para cada pieza, algo que sería muy costoso y lento.

La última clasificación que nos ayudará a determinar el proceso correcto, es:

- **Moldeo manual:** Está orientada a prototipos y pequeñas series de piezas de aluminio.
- **Moldeo químico:** Este proceso es el que utilizamos para hacer las piezas de aluminio de grandes dimensiones, se basa en la capacidad de formar moldes elaborados de arena endurecida mediante aglomerantes químicos. Esta recomendado para series cortas de piezas y prototipos de gran tamaño de hasta 1.000 kg.
- **Moldeo en coquilla:** El proceso de fundición por coquilla se basa en el uso de un molde permanente de acero, denominado coquilla, para trabajos en caliente. Estos utillajes se montan sobre máquinas hidráulicas que accionan los movimientos y desmoldeos del molde. Esta recomendado para largas series de piezas de aluminio de hasta 5 kg por unidad.

Está claro que nuestro moldeo tiene que ser por *fundición en coquilla*, por las características del proceso.



Figura 9.42: Tipos de conformado por moldeo

En general, durante el proceso de fabricación de la pieza se siguen los pasos siguientes:

1. Diseño de la pieza

La forma y dimensiones de la pieza a fabricar depende de muchos factores, principalmente de su futura aplicación. En el caso de nuestro anclaje, ya se explicado la función y la razón de su geometría, queda perfectamente definida en el plano.

2. Fabricación del molde con la forma y materiales adecuados

Seguramente este sea el punto más importante de esta tecnología, ya que la creación de un molde defectuoso provocará errores en todas las piezas que se fabriquen.

Algunos de los factores a tener en cuenta para fabricar el molde son:

- *Temperatura del material líquido a la hora del vertido*: Evidentemente, el molde debe soportar la carga líquida hasta que solidifique. En nuestro caso, el punto de fusión del aluminio 6061 está entre 575-650°C, por lo tanto con un molde de acero (cuya temperatura de fusión es superior a los 1300°C) nos aseguramos que el molde no se deteriore.
- *Índices de contracción o dilatación del material cuando solidifica*: El aluminio se contrae al enfriarse, así que habrá que dimensionar el molde teniendo en cuenta este factor.
- *Complejidad de la pieza a elaborar*: Para piezas complejas, quizás sea necesario incluir en el molde múltiples canales de entrada, de salida de aire o incluso de comunicación interna entre partes del molde que después serán cortados.

Ya que vamos a crear un molde a medida de nuestra pieza, incluiremos todos los detalles que podamos, y aprovecharemos a realizar los vaciados utilizando machos en el molde.

- *Fluidez del material líquido*
- *Cantidad de piezas a fabricar:* Como ya se ha explicado, al tener que realizar un gran número de piezas, se utilizará un molde permanente.
- *Exactitud dimensional y de acabado superficial requerido:* En el caso de molde de acero, el acabado que consigue es suficiente para nuestra pieza, N6.
- *Tipo de tratamiento de terminación posterior a la fundición:* Puede ocurrir que si se enfría rápidamente el material quede tan duro que sea casi imposible trabajarlo después.
- *Tamaño*

3. Vertido del material líquido y posterior endurecimiento

En esta etapa también hay que tener en cuenta diversos factores para un funcionamiento correcto del proceso. Así por ejemplo:

- El material a verter y el del molde no deben ser adherentes, sino resultaría imposible el desmoldeo.
- El tiempo de endurecimiento del material vertido debe ser lo suficientemente largo como para que el líquido pueda llenar por completo el molde antes de solidificar.
- La fluidez del líquido vertido debe ser suficiente como para que pueda moverse en los conductos internos del molde.
- El molde debe estar seco, la presencia de agua generará burbujas empeorando la calidad de la superficie.
- Durante el enfriamiento y solidificación, se puede producir una contracción considerable en volumen del material, incluso dejando zonas vacías en la pieza terminada. Es importante diseñar bien el bebedero para solventar esto.

4. Extracción de la pieza del molde

Si el molde y el proceso de vertido se han hecho correctamente, el desmoldeo no presentará problemas.

5. Limpieza

Cuando se extrae la pieza del molde, trae consigo el, o los bebederos, por lo que resulta necesario su eliminación por corte. También debe ser limpiada la pieza si se han usado aditivos anti-adherencia o similares en el molde.

6. Terminación

Una vez obtenida la pieza, se aplicarán los procesos de acabado necesarios, como pulido, a las caras que procedan.

Ya hemos visto el procedimiento para llevar a cabo el moldeo, pero no he explicado las diferentes formas de realizar el vertido (colada). Para no extenderme demasiado, sólo expondré los tipos más utilizados y que más se ajustan a la fabricación en serie que deseamos.

A. MOLDEO CON COLADA POR COQUILLA

Este es un método de fundición de piezas de aluminio por gravedad. En este caso los moldes (generalmente dos partes) son fabricados con materiales metálicos (acero), llamados coquillas, con lo que es posible reutilizarlos un elevado número de veces (hasta miles), aunque con el uso van perdiendo los perfiles y es necesario sustituirlos.

Este proceso es muy barato y se consiguen altos ritmos de producción, se emplea cuando es necesario producir grandes series de piezas sencillas, y se debe emplear con materiales que tengan una temperatura de fusión significativamente más baja que la coquilla.

Una de las ventajas de este proceso, al ser el molde metálico, es la mayor resistencia lograda, ya que la velocidad a la que se enfría la pieza es mayor, al igual que su precisión y acabado.

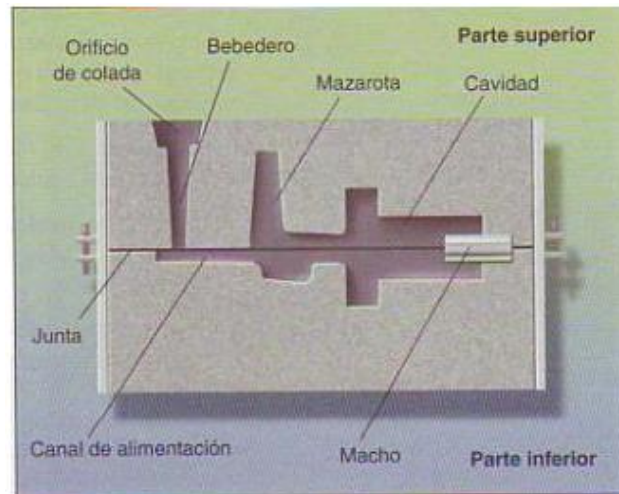


Figura 9.43: Moldeo con colada por coquilla

B. MOLDEO CON COLADA POR PRESIÓN O INYECCIÓN

El método de fundición por inyección, se lleva a cabo introduciendo la masa metálica fundida en el interior del molde forzando la entrada en el mismo. En este método se emplean moldes permanentes.

El metal se inyecta en el molde por medio de una máquina, que suele ser un émbolo. Los moldes son coquillas, aunque se suelen denominar matrices. Este método presenta la ventaja de que pueden fabricarse piezas de formas complicadas de una manera bastante económica, de gran precisión y una rápida producción de piezas en serie.

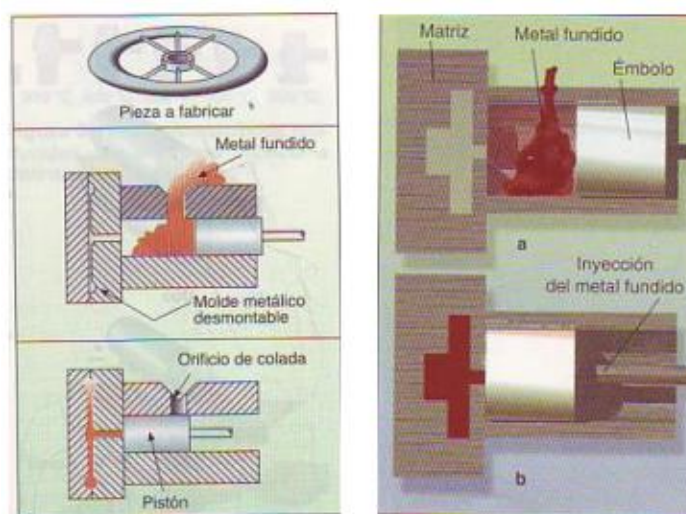


Figura 9.44: Moldeo con colada por presión o inyección

9.2.7 Anclaje con los neumáticos

Esta pieza corresponde con:

- Plano 22: *“Anclaje con neumáticos”*

➤ DESCRIPCIÓN

Este anclaje de aluminio es una pieza pequeña, pero realiza una función importante, se encarga de unir el basculante con la rueda trasera, concretamente con su eje. Por ello, tiene una cara plana en donde se pegará la viga de fibra de carbono, con un acabado superficial de N10, mientras que el del resto de la pieza es un N6.

La opción más común es la de fabricar el anclaje con un agujero rasgado, que nos permite desplazar el eje de la rueda fácilmente, ya que con tan solo aflojar el eje trasero podemos desplazar lo que nos interese la pieza sobre la que va alojado. El eje de la rueda trasera atraviesa los colisos, los casquillos distanciadores, las arandelas y queda fijado axialmente mediante tornillos y tuercas autoblocantes.

El agujero habrá que ubicarlo teniendo en cuenta un desplazamiento paralelo al suelo de la rueda, por lo que llevará cierta inclinación con respecto a la línea que une el eje de pivotamiento con el eje de la rueda trasera. Esta inclinación es la tolerancia geométrica más importante a cumplir.

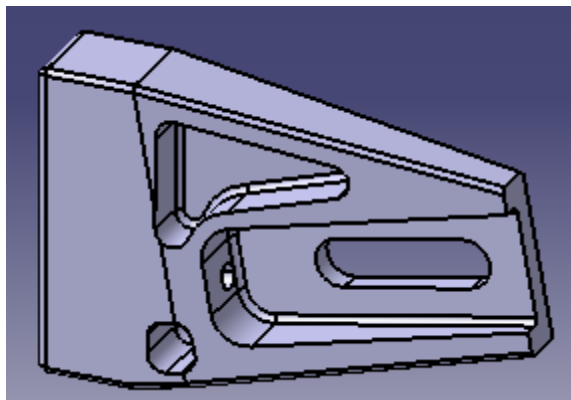


Figura 9.45: Detalle del anclaje del basculante con las ruedas

➤ FABRICACIÓN

Se podría haber unificado espacio al explicar esta pieza con la anterior, ya que por su geometría, ambas van a necesitar las mismas tecnologías de fabricación.

Para obtener la pieza de manera unitaria, se utilizaría de nuevo una máquina de mecanizado de 5 ejes. Y para una fabricación en serie, el conformado por moldeo volvería a ser el proceso más adecuado.

9.2.8 Rocker

Esta pieza corresponde con:

- Plano 23: “*Rocker*”

➤ DESCRIPCIÓN

Es el componente de la suspensión trasera que une los links, el amortiguador y el basculante. Al igual que los links, es un elemento clave en el comportamiento de la suspensión trasera.

Los rodamientos del balancín (rocker) no van a soportar esfuerzos axiales, tan solo cortantes, por lo que optamos por poner rodamientos de agujas.

Teniendo en cuenta que el ancho de nuestro rocker por motivos de espacio no puede superar los 16 mm elegimos un casquillo de rodamientos de agujas HK 1516 para los agujeros del anclaje con el basculante y los links, y un HK 1416.2RS para el agujero del anclaje con el amortiguador.

El diseño debe cumplir condiciones como la distancia entre centros, los diámetros de los agujeros por los cuales pasan los rodamientos situados sobre los ejes, y el espesor.

Se aplica un vaciado para aligerar la pieza y ahorrar material, que no genera problemas de tensión ni rigidez en la pieza.

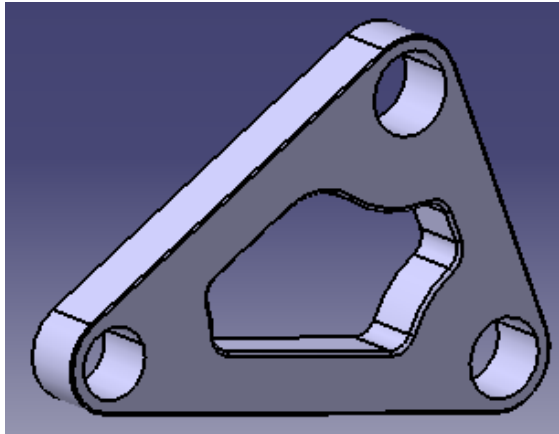


Figura 9.46: Detalle del rocker

➤ FABRICACIÓN UNITARIA

Para fabricar un rocker, hay que partir de un “tocho” de aluminio cuyo diámetro sea el del círculo circunscrito a la pieza. De esta manera, mediante una rebanada del “tocho” cuyo espesor sea el mismo que el de la pieza, partiremos con el mínimo material base necesario evitando así grandes pérdidas de material y económicas.



Figura 9.47: Material base para mecanizado

A partir de este disco, obtendremos el rocker mediante un mecanizado de 5 ejes como ya se ha explicado en las otras piezas.

➤ FABRICACIÓN EN SERIE

El proceso más adecuado para esta pieza tan simple sería la extrusión de aluminio. Mediante la extrusión obtendría una viga con el perfil que tiene el rocker, y simplemente con cortes transversales cada 16 mm. podría fabricar muchas piezas de una sola tirada.

Si fuera necesario haría un pulido en el interior de los agujeros pasantes, pero con el acabado que genera la extrusión seguramente no haga falta.

9.2.9 Links

Esta pieza corresponde con:

- Plano 24: “*Links*”

➤ DESCRIPCIÓN

Estamos ante la última pieza de aluminio a fabricar para la motocicleta. Se trata de los links, que son los elementos de la suspensión trasera que unen el bastidor con el rocker. Al igual que el rocker, son elementos clave en el comportamiento de la suspensión trasera.

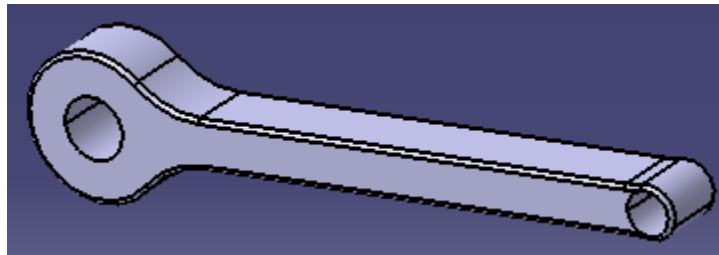


Figura 9.48: Detalle del link

Según los análisis de los diseñadores, los links trabajan a tracción con un valor máximo de 10094 N. Las tensiones que soportan no son muy altas, y las deformaciones mínimas. Por todos estos motivos, podríamos haber elegido un tipo de aluminio con peores propiedades y más económico, pero priorizando la unificación de materiales, decidimos continuar con el aluminio 6061 T6.

En esta pieza las cotas de obligado cumplimiento son la distancia entre los agujeros pasantes, su alineación, y el diámetro de los mismos, ya que contienen los rodamientos de los ejes.

➤ FABRICACIÓN

Por no repetir lo dicho ya para la fabricación del rocker, simplemente mencionaré que para la fabricación unitaria se usará el mecanizado de 5 ejes, y para la fabricación en serie, la extrusión de nuevo.

9.3 Piezas de acero

En este último grupo de mi clasificación, se encuentran las piezas de acero, tercer material del que se compone la motocicleta.

Este grupo está formado mayoritariamente por piezas normalizadas y comerciales, y algunas de ellas de obligada utilización según la Organización de la Competición MotoStudent, como los discos de freno, tijas o ejes de las ruedas.

Al margen de las piezas estandarizadas, hay alguna pieza que se debe fabricar. Estas piezas se encuentran en el tren delantero y trasero de la motocicleta, ver Figura 9.49.

El acero es más pesado que otros materiales, pero tiene un límite elástico muy alto (3 veces más que el aluminio) lo cual nos evita tener problemas en partes de la moto tan importantes como son la dirección y las ruedas.

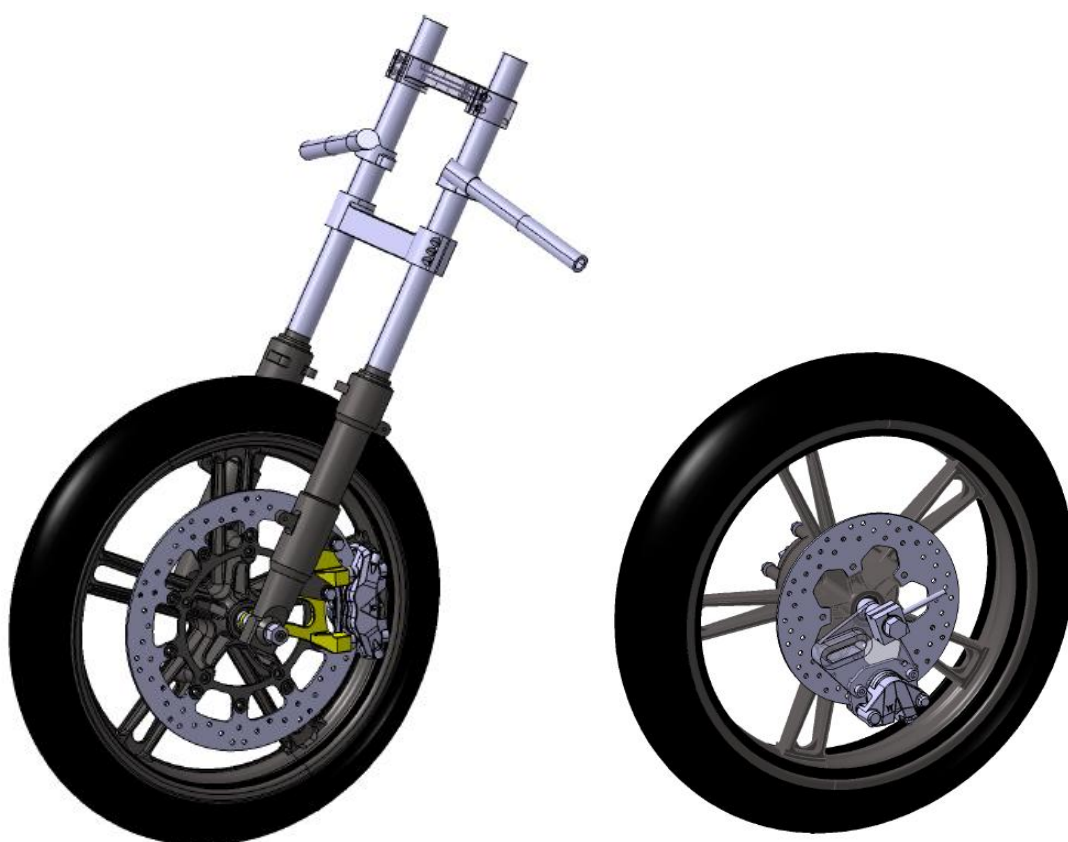


Figura 9.49: Tren delantero y tren trasero de la motocicleta

9.3.1 Tijas

Estas piezas corresponden con:

- Plano 3: *“Tija superior”*
- Plano 4: *“Tija inferior”*

Al igual que en casos anteriores, ya que estas piezas son similares y el proceso de fabricación idéntico, se explicará cómo obtener una de ellas, siendo el mismo procedimiento para la otra.

➤ DESCRIPCIÓN

Las tijas son las piezas que se encargan de abrazar la horquilla para unirla al chasis y permitir el giro de la dirección. Incorporan abrazaderas dotadas de tornillos que aprietan las barras (o las botellas de las horquillas invertidas). También incorporan el eje de la dirección, así como los rodamientos sobre los que gira. Se distinguen entre tija superior y tija inferior.

- La tija superior sirve de alojamiento de la parte superior de la suspensión, para ello dispone de dos orificios del diámetro de la horquilla, además de apoyo para el manillar. Se diferencia de la inferior por tener menor espesor, ya que soporta menos cargas.
- La tija inferior sirve de alojamiento de la parte inferior de la suspensión y dispone de un eje central que es el que sirve para hacer el giro de la dirección.

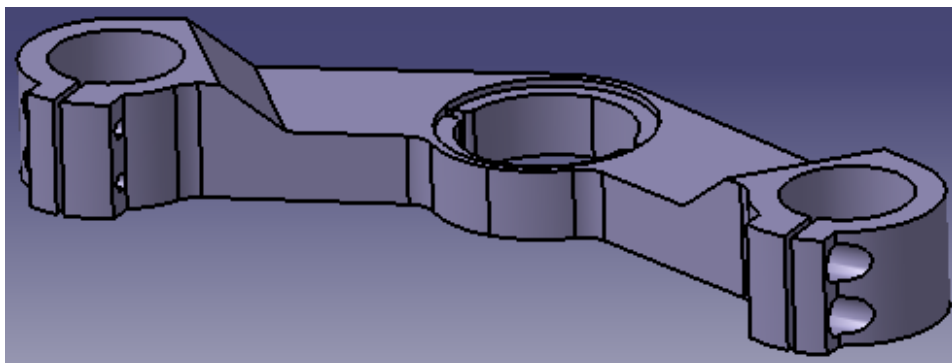


Figura 9.50: Detalle de la tija inferior

Para el diseño de las tijas, se tuvo en cuenta que se debe asegurar su rigidez, una correcta sujeción a las barras de la horquilla, de manera que estas no deslicen, y un fácil montaje y desmontaje de las mismas, a fin de realizar una puesta a punto más sencilla.

Por otra parte, como necesidades geométricas, se tiene la distancia entre tijas y el poder incorporar casquillos que permitan regular el offset. El posicionamiento de los tres agujeros es la tolerancia más restrictiva que definen las piezas.

➤ FABRICACIÓN UNITARIA

Para fabricar únicamente un par de tijas, o a lo sumo dos pares para tener recambios, hay que recurrir de nuevo al mecanizado por una máquina de 5 ejes.

Aunque suene repetitivo, esta tecnología es la única que nos ofrecen las empresas que aceptan fabricar estas piezas con un diseño único y particular. A priori, no supone un gran esfuerzo para la empresa fabricarlas, ya que con el control numérico solo hay que introducir el CAD en la computadora y esperar para recoger la pieza, pero esto supone un gasto considerable, en material, en desgaste de herramienta y sobretodo en la producción propia, ya que hay que parar su línea para poder fabricar nuestra deseada pieza, de ahí que le coste de fabricación sea tan alto.



Figura 9.51: Aspecto de la computadora de una máquina de control numérico

➤ FABRICACIÓN EN SERIE

La industrialización de las tijas me da pie a explicar una nueva tecnología de fabricación que hasta ahora no se ha nombrado, la forja.

La forja produce un acabado superficial pobre, tal y como se puede ver en el Anexo 11, la rugosidad puede llegar al orden de 6 micras o superior, lo que corresponde con un acabado N8-N9.

La superficie de las tijas no requiere un buen acabado, pero sí las superficies laterales de los agujeros para no tener problema con los rodamientos, por tanto para fabricarlas se realizará un forjado y un mecanizado posterior para esas oquedades.

Veamos ahora en qué consiste el proceso de forja:

FORJA

La forja, al igual que la laminación y la extrusión, es un proceso de conformado por deformación plástica que puede realizarse en caliente o en frío y en el que la deformación del material se produce por la aplicación de fuerzas de compresión. Esas fuerzas pueden ser manuales, mediante golpes de un martillo o por presión en una prensa.

Hay que destacar que es un proceso en el que no se produce arranque de viruta, con lo que se produce un importante ahorro de material respecto a otros procesos.

VENTAJAS Y CARACTERÍSTICAS:

- Repetibilidad: Largas series de productos idénticos.
- Excelentes propiedades mecánicas: Tenacidad, ductilidad, resistencia a la fatiga y a la corrosión.
- Alta productividad
- Solo justificable para series largas por el coste de utillaje y medios de producción.

- Se produce en el material base un grano fino, estructura de alta resistencia y una reorganización de los cristales de la aleación que quedan dispuestos de un modo fibroso siguiendo la dirección del esfuerzo, por lo que la pieza queda con unas muy buenas propiedades.
- Se obtienen unas excelentes tijas de gran calidad, pero el costo por una parte de los troqueles de estampación, añadido a un largo y complejo proceso de fabricación hace que resulte un producto de gran precio.

Aunque existen otros procesos más desarrollados, como la fundición inyectada, y que producen piezas de menor costo, presentan el inconveniente de realizar piezas con estructura de fundición, es decir, de grano grueso y poco refinado y por lo tanto de bajas características mecánicas por lo cual, y frecuentemente, se producen roturas por carga, problema sumamente importante en una pieza de responsabilidad como es la tija de una motocicleta, con el correspondiente peligro que ello conlleva.

Existen varios tipos de forjado, pero para una fabricación en serie el más utilizado es el forjado en estampas. Veamos en qué consiste:

FORJA CON ESTAMPAS

Consiste en utilizar una prensa que consta de estampa y contraestampa. La estampa o matriz, que actúa como yunque, contiene el vaciado correspondiente a la forma de la pieza, mientras la contraestampa, que actúa como mazo, golpea la estampa, prensando el material previamente calentado para mejorar su fluidez, de forma que éste rellena el vaciado de la matriz.

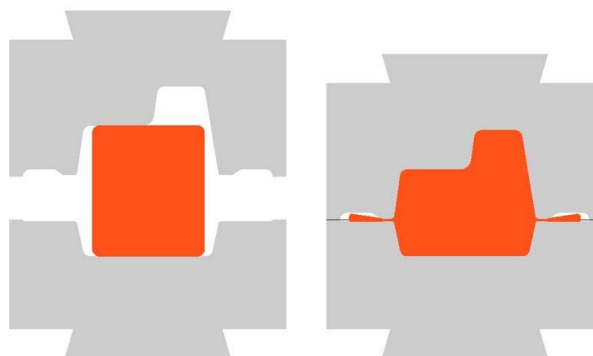


Figura 9.52: Antes y después de aplicar el proceso de forja con estampa

Las estampas, son elementos caros y se obtienen por mecanizado. Son capaces de soportar grandes cargas y elevadas temperaturas.

Este proceso debe realizarse con un cordón de rebaba que sirve para aportar la presión necesaria al llenar las zonas finales de la pieza, especialmente si los radios de acuerdo de las pieza son de pequeño tamaño y puede estar sin rebaba, dependiendo de si las matrices llevan incorporada una zona de desahogo para alojar el material sobrante (rebaba) o no. Como se ve en la siguiente imagen, el exceso de material fluye hacia afuera formando la rebaba.

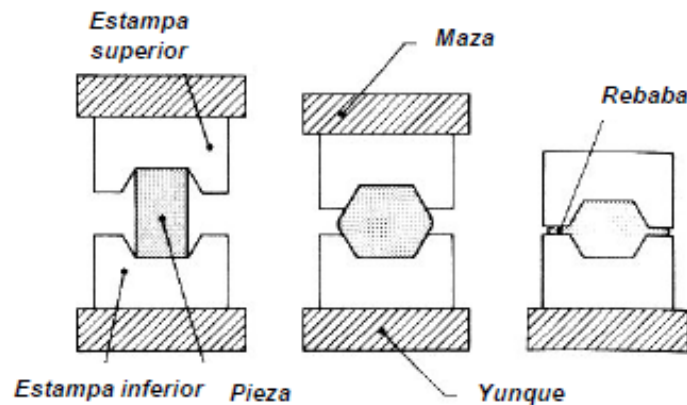


Figura 9.53: Forjado con estampas

El forjado con estampas se utiliza para fabricar grandes series de piezas cuyas dimensiones y geometrías pueden variar ampliamente. Las dimensiones de estas piezas van desde unos pocos milímetros de longitud y gramos de peso hasta varios metros y toneladas, y sus geometrías pueden ser simples o complejas.

9.3.2 Elementos de los ejes de las ruedas

Estas piezas corresponden con:

- Plano 5: *“Elementos de la rueda delantera”*
- Plano 26: *“Elementos rueda trasera”*
- Plano 18: *“Ejes y casquillos”*

Ya que estas piezas presentan el mismo aspecto, y por tanto un proceso de fabricación idéntico, explicaré cómo obtener una de ellas, siendo el mismo procedimiento para las otras, teniendo en cuenta las dimensiones de cada una.

➤ DESCRIPCIÓN

En este grupo voy a incluir a todos los ejes, casquillos y elementos cilíndricos que se incluyen en la motocicleta, ya que todos se obtienen por el mismo procedimiento.

El material elegido para su fabricación es el acero S275 J0H, ya que supera los análisis realizados por los diseñadores. Se trata de un acero convencional conformado en frío y no aleado, de 275MPa de límite elástico, y tratado a una temperatura de ensayo de 0°C.

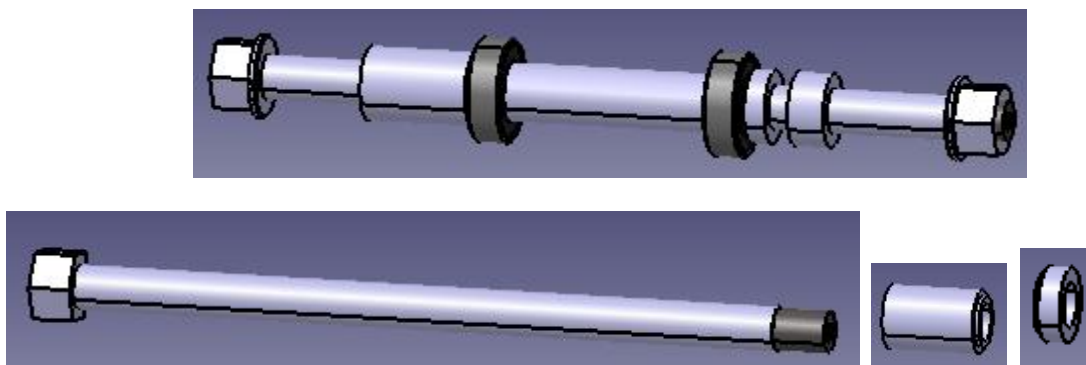


Figura 9.54: Ejes y casquillos de la motocicleta

Un eje es un elemento constructivo destinado a guiar el movimiento de rotación a una pieza o de un conjunto de piezas, como una rueda o un engranaje. Un eje se aloja por un diámetro exterior al diámetro interior de un agujero con el cual tiene un determinado tipo de ajuste, como queda reflejado en los planos.

En algunos casos, el eje es fijo y un sistema de rodamientos insertado en el centro de la pieza permite que ésta gire alrededor del eje. En otros casos, la rueda gira solidariamente al eje y el sistema de guiado se encuentra en la superficie que soporta el eje.

Los ejes mantienen la posición de la rueda y ésta respecto al chasis. Normalmente, las ruedas son la única parte que toca el suelo y los ejes deben soportar el peso de la moto y su carga adicional en este transporte, junto con otros esfuerzos como las fuerzas de aceleración y frenado. Además del objetivo de componente estructural, los ejes deben cumplir las siguientes funciones:

- **Frenado:** para disminuir la velocidad de la motocicleta se aplica una fuerza descentrada en el disco de freno de forma que, con la reacción del apoyo del eje, se forma un momento de fuerzas en sentido contrario a la rotación de la rueda.
- **Guía:** el eje debe además guiar la rueda para que no se desplace axialmente, así como que no gire involuntariamente respecto a un eje perpendicular al eje de giro. El sistema de dirección controla el ángulo de guiado de las ruedas respecto al chasis, en la mayoría de los casos solo las del el eje delantero.

➤ FABRICACIÓN UNITARIA

La fabricación de estas piezas tan sencillas, se pueden llevar a cabo en los talleres de la universidad. Tanto para los ejes como para los casquillos, se comprarían vigas cilíndricas de acero S275 macizas y huecas, cuyos diámetros fueran comunes a todas las piezas. De esta manera las vigas nos sirven para fabricar todas realizando los cortes y operaciones necesarias para conseguir las medidas exactas.

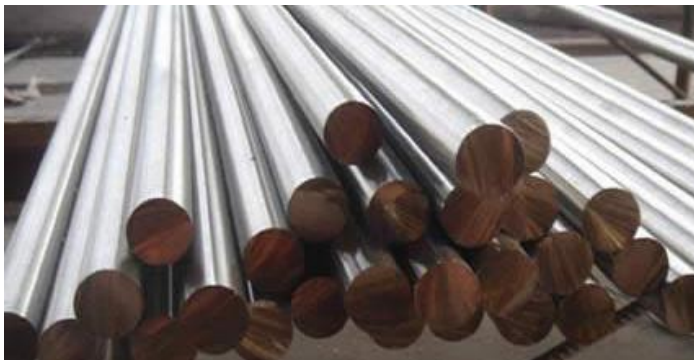


Figura 9.55: Vigas cilíndricas de acero

Una vez realizados los cortes a las longitudes deseadas, hay que trabajar sobre la superficie.

Para conseguir las piezas deseadas realizamos tres operaciones básicas como son el refrentado, el torneado y el fresado:

- El refrentado (ó fronteo) es la operación realizada en el torno mediante la cual se mecaniza el extremo de la pieza, en el plano perpendicular al eje de giro.

Para poder efectuar esta operación, la herramienta se ha de colocar en un ángulo aproximado de 60° respecto al portaherramientas. De lo contrario, debido a la excesiva superficie de contacto la punta de la herramienta correrá el riesgo de sobrecalentarse. y también hay que tomar en cuenta que a medida que nos acercamos al centro de la pieza hay que aumentar las rpm o disminuir el avance.

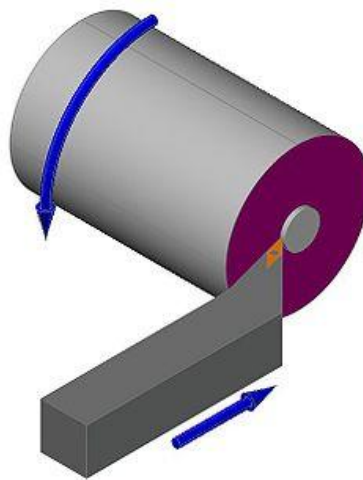


Figura 9.56: Esquema de una operación de refrentado

- El torneado es otro proceso de mecanizado por eliminación de material. Durante el torneado se elimina parte del material inicial en lo que se llama arranque de viruta.
 1. Fijar la pieza en el torno.
 2. La herramienta de corte hace todos los movimientos necesarios para conseguir la pieza deseada.
 3. Retirada del material. Cambio de herramientas y ajuste de la maquinaria.

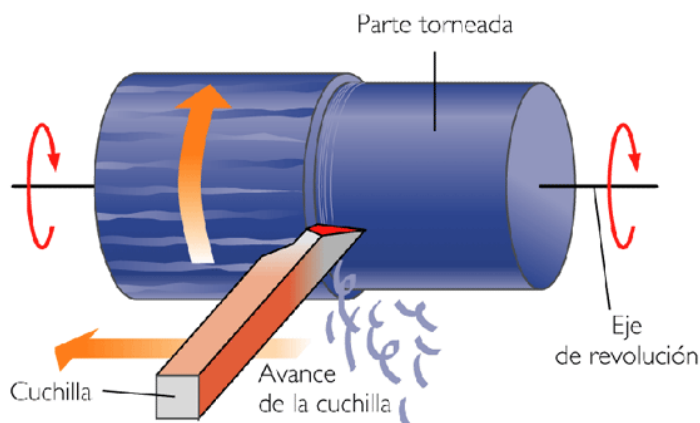
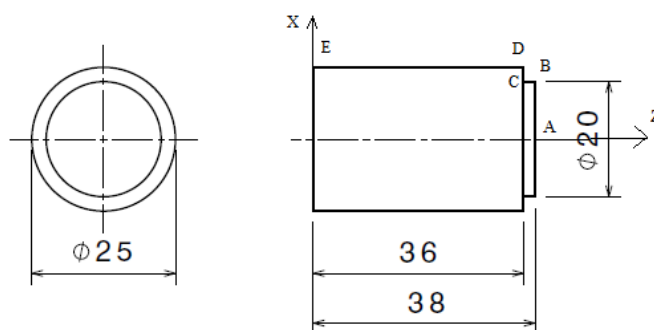


Figura 9.57: Esquema de una operación de torneado

El torneado consigue un buen acabado superficial y no suele requerir operaciones posteriores. Podría usar un torno manual para fabricar nuestras piezas, pero al ser una geometría tan sencilla, es más cómodo y exacto aprovechar los conocimientos de programación y realizarlas en un torno de control numérico. A continuación un ejemplo de un casquillo fabricado en este tipo de tornos:



Programación CNC en radios y coordenadas absolutas:

G90 G95 G96 F0.15 S180 T2 D1 M4 M41

G0 X30 Z50

G1 X0 Z38

;Punto A

G1 X10 Z38

;Tramo A-B

Z36

;Tramo B-C

X12.5 Z36

;Tramo C-D

Z0

;Tramo D-E

G0 X30 Z50

M30

- El fresado consiste en el corte del material con una herramienta rotativa de varios filos, llamados dientes o plaquitas de metal duro, que ejecuta movimientos en casi cualquier dirección de los tres ejes posibles en los que se puede desplazar la mesa donde va fijada la pieza.

La principal diferencia con el torneado es que en éste, es la pieza la que gira mientras que en el fresado, es la herramienta.

Esta operación también se puede realizar mediante control numérico, lo que incrementa de forma considerable la productividad, la calidad y exactitud de las operaciones realizadas.

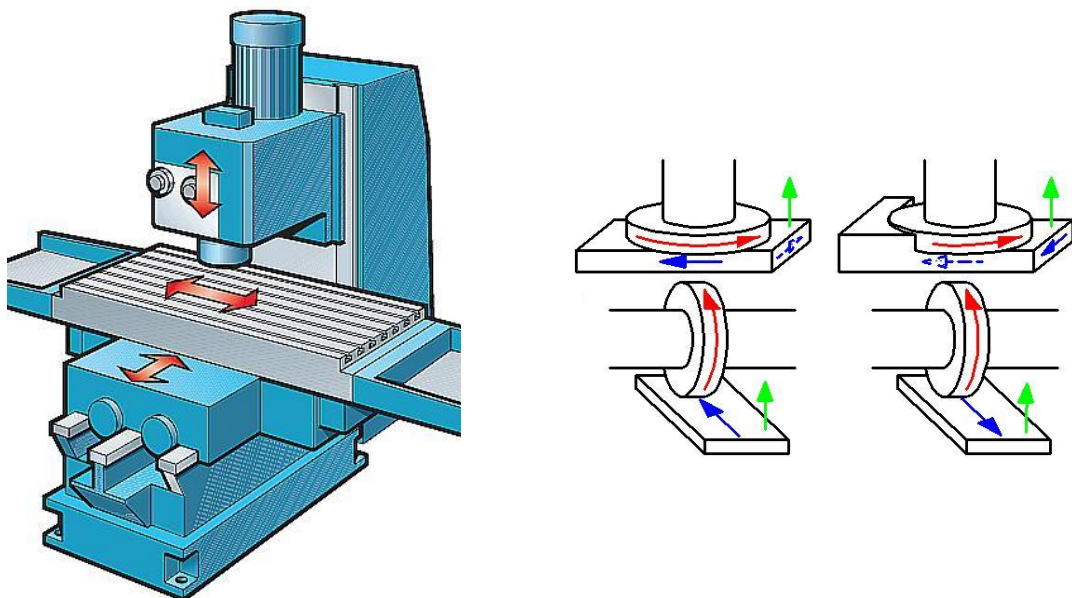


Figura 9.58: Esquema de una operación de fresado

➤ FABRICACIÓN EN SERIE

Para la fabricación de este tipo de piezas existe una tecnología de fabricación más adecuada que la que he utilizado para obtenerlas de manera unitaria. Este proceso es el rectificado, y es el que se emplea a nivel industrial para la fabricación de ejes y piezas similares.

El rectificado es un proceso abrasivo, al igual que el pulido, lapeado y bruñido, entre otros, pero sin duda es el proceso más común.

Los procesos abrasivos consisten en el uso de partículas abrasivas para modificar la forma y el acabado superficial de las piezas. Su uso está destinado para:

- Mecanizado de precisión.
- Acabados superficiales muy finos ($Ra < 2\mu m$).
- Materiales de pieza muy duros y difíciles de mecanizar.

El proceso de rectificado utiliza una herramienta abrasiva, la muela, y se lleva a cabo en una máquina llamada rectificadora. Suele usarse en la etapa final de fabricación, tras el torneado o fresado, para mejorar la tolerancia dimensional y el acabado superficial de la pieza.

Si partimos de un material base con unas dimensiones cercanas a la de la pieza final, podemos aplicar directamente este proceso.

Cada grano abrasivo es encargado de arrancar una pequeña cantidad de material de forma análoga a como lo haría un filo de corte en una fresa.

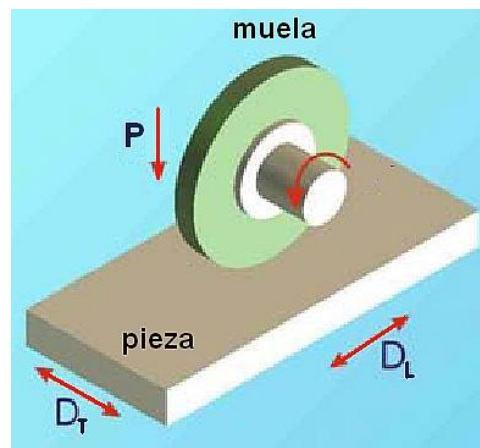


Figura 9.59: Esquema de una operación de rectificado

Por citar alguna de las diferencias del rectificado respecto al fresado o torneado, destaca la velocidad de corte (30-40 m/s para el rectificado y menos de 6 m/s para los otros) y el espesor de la viruta ($0.1-1\mu m$ para el rectificado y entre $10-100\mu m$ para el torneado y fresado). El acabado también es mucho mejor en el rectificado.

Existen varios tipos de rectificadoras, cada una orientada a un tipo de piezas diferentes. Centrándonos en lo que nos interesa, la elegida es la rectificadora sin centros (centerless).

La rectificadora sin centros consta de dos muelas móviles (operadora y conductora), y en lugar de fijar la pieza cilíndrica entre centros o en un cabezal, se apoya sobre la platina de soporte entre el disco rectificador (que gira rápidamente) y la platina regulable pequeña (que se mueve lentamente).

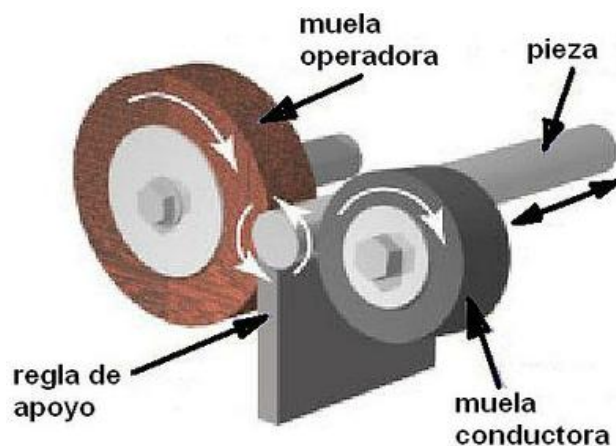


Figura 9.60: Esquema de una operación de rectificado sin centros

Es una máquina que puede automatizarse sin demasiados problemas, dotándola de cargador de piezas y un sistema de evacuación, por lo que se suele usar para conseguir grandes productividades. Su empleo es común cuando una pieza es demasiado corta para sujetarse entre centros, o es necesario rectificar toda su longitud, por ejemplo pequeñas piezas cilíndricas como bulones, ejes, casquillos, pasadores, etc.

Una variante de los rectificados es la posibilidad de tallar un perfil en la muela mediante una herramienta de diamante para obtener rectificados de perfiles especiales (roscas, engranajes, rodillos de laminación,...)

Se pueden resumir las características de este proceso de la siguiente forma:

- Minimización de tiempo de amarre y centrado de la pieza.
- Posibilidad de usar muelas de gran anchura sin deformar la pieza.
- No hay errores de centrado. Alta precisión

- Facilidad de automatización, como ya he dicho.
- Empleado para largas tiradas de piezas pequeñas de revolución y de acabados con gran esbeltez.



Figura 9.61: Esquema de una operación de rectificado sin centros automatizada

9.3.3 Soporte de links en forma de U

Esta pieza corresponde con:

- Plano 16: “U soporte links”

➤ DESCRIPCIÓN

Esta pequeña pieza, es un elemento necesario para unir por unión atornillada los links al bastidor. Se tratan de orejetas en forma de U fijadas al soporte de links.

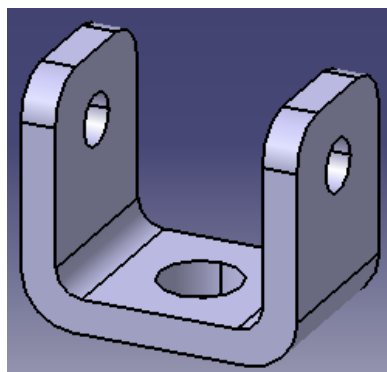


Figura 9.62: Soporte de links en forma de U

Después de realizar varias simulaciones con distintos espesores, se determinó que el espesor de la U en todos sus lados ha de ser de 4 mm. El resultado de la simulación en ANSYS con espesor 4 mm, muestra que la máxima tensión equivalente de Von Mises es de aproximadamente 200 MPa.

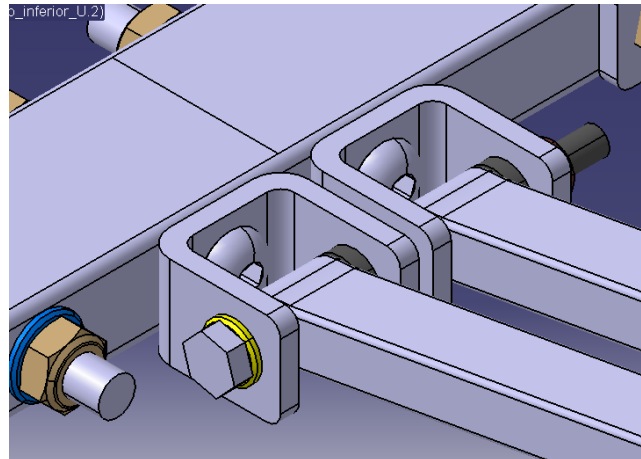


Figura 9.63: Unión del bastidor con los links

➤ FABRICACIÓN UNITARIA

Como se ha dicho, en la simulación FEM se determinó que el material a utilizar para este componente tiene que tener un límite elástico superior a 200MPa.

Las cuatro U podrían ser de un buen aluminio pero en dicho caso, las piezas se obtendrían por mecanizado. Para reducir costes es mejor utilizar un perfil de acero rectangular S275 o superior de 4 mm de espesor, y cortarlo, o directamente un perfil de acero en U.



Figura 9.64: Tubos de acero de perfil rectangular

Así pues el procedimiento sería el siguiente:

1. Cortar el perfil rectangular con sierra de cinta.
2. Taladrar los agujeros para el eje de los links y para el tornillo. Es recomendable taladrar de una sola vez las dos paredes para asegurar así la tolerancia geométrica de concentricidad.
3. Esmerilado (pulido) de las puntas de la U de acero para evitar cortes.

➤ FABRICACIÓN EN SERIE

Se trata de piezas minúsculas y de poca complejidad, por lo tanto, si tuviera una nave para la fabricación de la motocicleta, seguramente este tipo de piezas las compraría en lotes a un proveedor.

Si no quisiera subcontratarlas, sino fabricarlas, el proceso seguido para piezas unitarias sería una opción interesante. Sin embargo, para hacerlo de manera precisa y continua, es necesario automatizar el proceso, concretamente el corte. Pasaría de hacer un corte manual a hacerlo en una cortadora de acero industrial.



Figura 9.65: Cortadora de sierra de disco

Si también quisiera fabricar yo misma las vigas de acero, tendría que hacerlo mediante extrusión con una matriz en forma de U, y posteriormente realizar los cortes de manera transversal cada 20 mm, tal y como está acotada la pieza en el plano 16.

Considero que no merece la pena esta inversión en material, tiempo y herramientas para unos singulares anclajes. Todo ésto encarecería muchísimo la pieza.

9.3.4 Soporte en forma de L

Esta pieza corresponde con:

- Plano 17: “*L tirante*”

➤ DESCRIPCIÓN

Esta pieza se trata de otro pequeño anclaje que va atornillado al soporte de links. Su función es sujetar el tirante que una la pinza de freno con el bastidor.

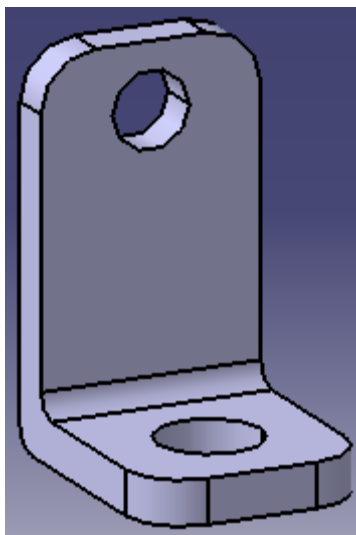


Figura 9.66: Soporte en forma de L

Como se observa en la imagen anterior, es un soporte muy similar al visto en el apartado 9.3.3, pero esta vez con un perfil en forma de L. A efectos prácticos los podría haber englobado bajo el mismo título, ya que tanto la descripción como el proceso de fabricación van a ser idénticos.

Las dimensiones de la pieza son 35x26x20 mm, y los taladros de 9.5 mm de diámetro para atornillarlo al bastidor y 7 mm para unirlo al tirante. Las esquinas tienen un pequeño redondeo para evitar cortes al manipularlo.

Las tolerancias a tener en cuenta son el posicionamiento de los taladros y la perpendicularidad de las caras.

➤ FABRICACIÓN

Como ya he dicho el proceso de fabricación es idéntico que para el perfil en forma de U, por lo que no lo repetiré.

La mejor más barata es la de adquirir estos pequeños soportes en lotes, y sino, aprovisionar perfiles rectangulares de acero S275 J0H y realizar los correspondientes cortes y taladrados.



Figura 9.67: Tubos de acero de perfil rectangular

9.3.5 Tensores de cadena

Esta pieza corresponde con:

- Plano 27: *“Tensores de cadena”*

➤ DESCRIPCIÓN

El tensor de cadena es un dispositivo que conserva la tensión de ésta, recuperando los juegos debidos a su alargamiento o bien al desgaste de las ruedas dentadas o, finalmente, al desplazamiento de una de ellas. Es un elemento que conviene revisar frecuentemente.

Se sabe que el tensor no está actuando debidamente por el ruido que hace la cadena al trabajar floja. Esto hace que se estire más aun y presenta el riesgo de rotura y consiguiente avería. Tampoco es bueno lo contrario, y una cadena excesivamente tensada corre riesgo de rotura. Se sabe que está muy tensa por un silbido característico que emite.

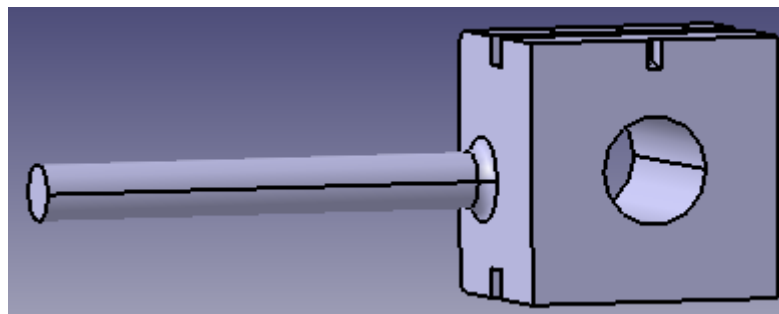


Figura 9.68: Tensor de cadena

Es bastante común poder encontrar entre los datos de mantenimiento del fabricante el punto recomendable de sustitución de la cadena, según el punto de trabajo del tensor. Otro aspecto que debe ser observado es el desgaste del patín sobre el que actúa el tensor y el opuesto (cuando lo hay).

El diseño general de un tensor de cadena consiste en un cuerpo roscado con una contratuerca para fijarlo, que actúa sobre el patín y ha de regularse periódicamente.

Tensar la cadena de transmisión es, sin duda alguna, una de las piezas clave para que la moto siempre funcione bien. La cadena y el resto del kit de transmisión se estropean con mucha facilidad si no tienen un buen mantenimiento, y este es, tensar la cadena y engrasarla, así como revisar su estado por si toca cambiarla.



Figura 9.69: Ajuste del tensor de la cadena

Los tensores de cadena, uno a cada lado de la rueda, si fijan a través del eje de la rueda trasera, y a su vez por el “palito” roscado que tiene al anclaje de los neumáticos.

Al apretar o aflojar la contratuerca, el tensor puedes desplazarse hacia atrás o hacia adelante. Para tensar la cadena, es muy importante desplazar los tensores la misma distancia, ya que sino el eje estaría desalineado.

El posicionamiento del elemento roscado respecto al cuerpo base, es el aspecto más importante del tensor a la hora de fabricarlo.

➤ FABRICACIÓN UNITARIA

Como ya hemos visto en varios ejemplos, al no disponer apenas de recursos, todo este tipo de piezas tenemos que fabricarlas mediante mecanizado de 5 ejes, ya explicado anteriormente.

➤ FABRICACIÓN EN SERIE

Para la fabricación en serie de tensores de cadena, nos podríamos plantear hacerlos por molde de fundición de acero. Las principales diferencias de este tipo de moldeo con el de moldeo de aluminio que ya se explicó, son:

- La temperatura de fusión del acero está entre 1.450° C y 1.650° C.
- Al proceso se denomina moldeo en verde, porque los moldes están hechos de mezcla de arena de sílice, bentonita y agua.
- Es un proceso barato pero el acabado superficial y las tolerancias son poco precisas.
- No es un proceso aconsejable para grandes series ya que su utilización hace ir desgastándose las propiedades de la arena y su capacidad de moldeo.
- Una vez desmoldeada la pieza, se puede recuperar la arena, pero habría que volver a repetir todo el proceso. Son moldes desechables.
- Requiere mecanizado posterior.

Por todas estas desventajas, descartamos este proceso y elegimos el mecanizado de 5 ejes como el más apropiado, partiendo de una base de material lo más aproximada a las medidas finales de la pieza, para ahorra tiempo, material y dinero.

9.3.6 Soporte de la pinza trasera

Esta pieza corresponde con:

- Plano 28: *“Soporte de pinza trasera”*

➤ DESCRIPCIÓN

Estamos ante la última pieza de acero a fabricar, y la última de este desglose. Se trata del soporte de la pinza de freno de la rueda trasera.

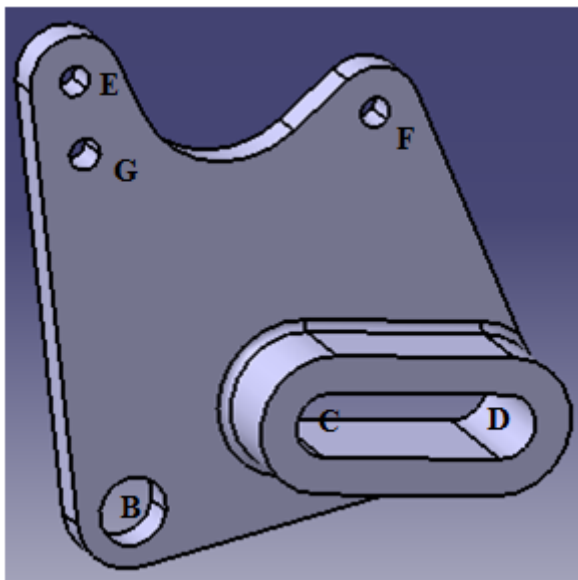


Figura 9.70: Soporte de pinza de freno

El diseño vuelve a ser particular y heredado de ediciones anteriores. Al ser la mayoría de piezas del tren delantero y trasero normalizadas y comerciales, se ha respetado la forma de las piezas para asegurar su perfecto montaje.

La función de este soporte es sujetar la pinza de freno trasera y unirla al basculante, concretamente al anclaje con los neumáticos de aluminio visto en el Apartado 9.2.7.

El aspecto más importante a tener en cuenta en esta pieza es el posicionamiento de los agujeros, ya que de eso depende la viabilidad del montaje.

A través de los taladros E y F, se fija la pinza de freno al soporte, tal y como se observa en la imagen 9.71. El denominado G, sirve para atornillar el tirante, que llega desde el bastidor. Y finalmente, el punto B, de 15 mm. de diámetro va anclado al eje central de la rueda.

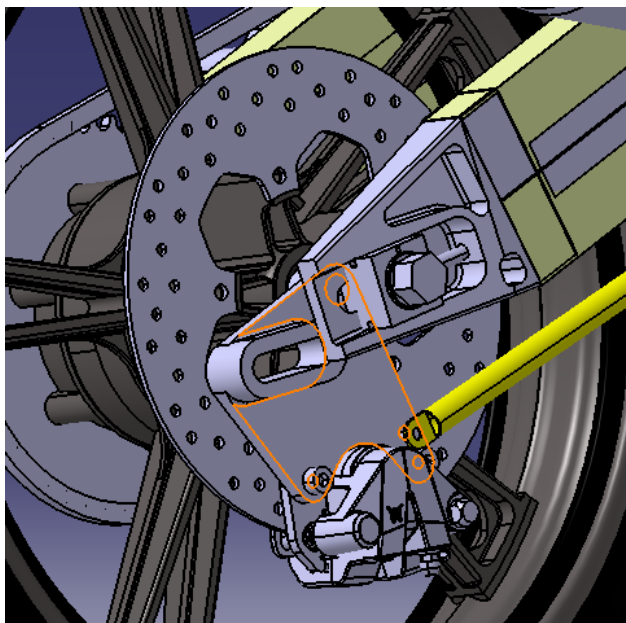


Figura 9.71: Colocación del soporte en la motocicleta

➤ FABRICACIÓN

He unificado la fabricación unitaria y la fabricación en serie porque para esta pieza se sigue el mismo procedimiento. Partiendo de un bloque de acero, con una máquina de 5 ejes mecanizamos el contorno del soporte y desbastamos hasta el espesor deseado en cada zona. Una vez obtenida la forma de la pieza, realizamos los agujeros tomando como ejes de coordenadas el punto B, de la siguiente forma:

PUNTO	B	C	D	E	F
X	0	32.75	72.75	-26.52	42.22
Y	0	24.75	24.75	92.67	86.65

Tabla 9.1: Posicionamiento de los agujeros en el soporte de pinza (en mm)

9.3.7 Tornillería

Voy a recoger en este pequeño espacio la tornillería utilizada para el montaje del prototipo, ya que son piezas claves para que todo funcione correctamente. Se trata de elementos de unión entre piezas, hechos de acero y generalmente aleados con algo de zinc.

A continuación se muestra una relación de los tipos y unidades empleados, pero a la hora de comprar este material lo haremos por triplicado para tener recambios suficientes.

PIEZA	ELEMENTO	DENOMINACIÓN	UNIDADES
Vigas fibra de carbono	Tornillos	DIN931_M6L40	50
Bastidor	Tornillos cincados	DIN931_M6L35	8
		DIN931_M6L40	10
		DIN931_M6L80	1
		DIN7380_M8L60	4
	Arandelas cincadas	DIN125A_M6	38
		DIN125A_M8	4
		DIN125A_M10	2
		DIN125A_M12	2
	Tuercas autoblocantes	DIN985_M6	19
		DIN985_M8	4
		DIN985_M10	1
		DIN985_M12	1
Soporte inferior	Tuerca	DIN934 M12	4
Soporte pinza de freno	Tornillo	DIN912 M8L12	2
Ejes de las ruedas	Arandela	DIN125 M14	4
	Tuerca	DIN 985 M14	2

Tabla 9.2: Relación de la tornillería empleada en la motocicleta



Figura 9.72: Elementos normalizados comerciales

Los diferentes tipos de tornillos, arandelas y tuercas, se resumen en las siguientes imágenes:



Tornillo DIN931



Tornillo DIN7380



Tornillo DIN912



Arandela DIN125A



Tuerca autoblocante DIN985



Tuerca DIN934

Figura 9.73: Tornillería empleada en la fabricación de la motocicleta

10. PLANOS DE FABRICACIÓN

Gran peso del contenido de este proyecto recae sobre los planos de fabricación, ya que son elementos de vital importancia en todo proceso de fabricación que se precie. Son documentos que se corresponden con piezas que posteriormente serán fabricadas, y por lo tanto deben de ser claros y precisos para que el operario pueda entenderlo.

Como generalmente los planos los van a utilizar diferentes personas, existe notación y simbología específica y normalizada que todos ellos deben comprender. A continuación expondré algunas de estas normas que a mí también me ha tocado aprender previamente a elaborarlos.

10.1 Tolerancias dimensionales

Las tolerancias dimensionales fijan un rango de valores permitidos para las cotas funcionales de una pieza y afectan sólo a las dimensiones de la misma.

10.1.1 Simbología ISO

Los símbolos ISO utilizados para representar las tolerancias dimensionales en los planos tienen tres componentes:

- Medida nominal.
- Una letra representativa de la diferencia fundamental en valor y en signo (minúscula para eje, mayúscula para agujero), que indica la posición de la zona de tolerancia.
- Un número representativo de la anchura de la zona de tolerancia (Calidad de la tolerancia).

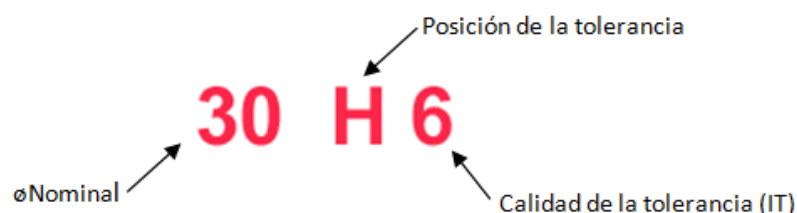


Figura 10.1: Simbología ISO

10.1.2 Calidades IT

La calidad es la amplitud de la tolerancia y depende del diámetro o medida nominal del elemento y de la función que vaya a desempeñar.

Hay 20 índices de tolerancia, según se indica en la norma UNE-EN 20286 - 1:1996 (ISO 286-1988), designados como IT01, IT0, IT1, IT2,..., IT18, y los cuales se aplican según su función, tal y como se refleja en la siguiente tabla:

IT 01 e IT 0	Especial precisión. Patrones.
IT 1 a IT 3	Calibres y piezas de gran precisión.
IT 4 a IT 11	Piezas o elementos que han de ajustar.
IT 12 a IT 18	Superficies libres.

Tabla 10.1: Agrupación de las calidades según su función

En el Anexo 12 se recogen los valores del intervalo según el índice de tolerancia y la medida nominal.

10.1.3 Posición de la tolerancia

Según indica la norma UNE-EN 20286-1:1996 (ISO 286-1988) se designan 28 posiciones de la tolerancia con respecto a la medida nominal. Mayúsculas para agujeros y minúsculas para ejes. Éstas son:

Agujeros:

A, B, C, CD, D, E, EF, F, FG, G, H, J, JS, K, M, N, P, R, S, T, U, V, X, Y, Z, ZA, ZB, ZC

Ejes:

a, b, c, cd, d, e, ef, f, fg, g, h, j, js, k, m, n, p, r, s, t, u, v, x, y, z, za, zb, zc

La posición de estas tolerancias se ven gráficamente en las siguientes imágenes:

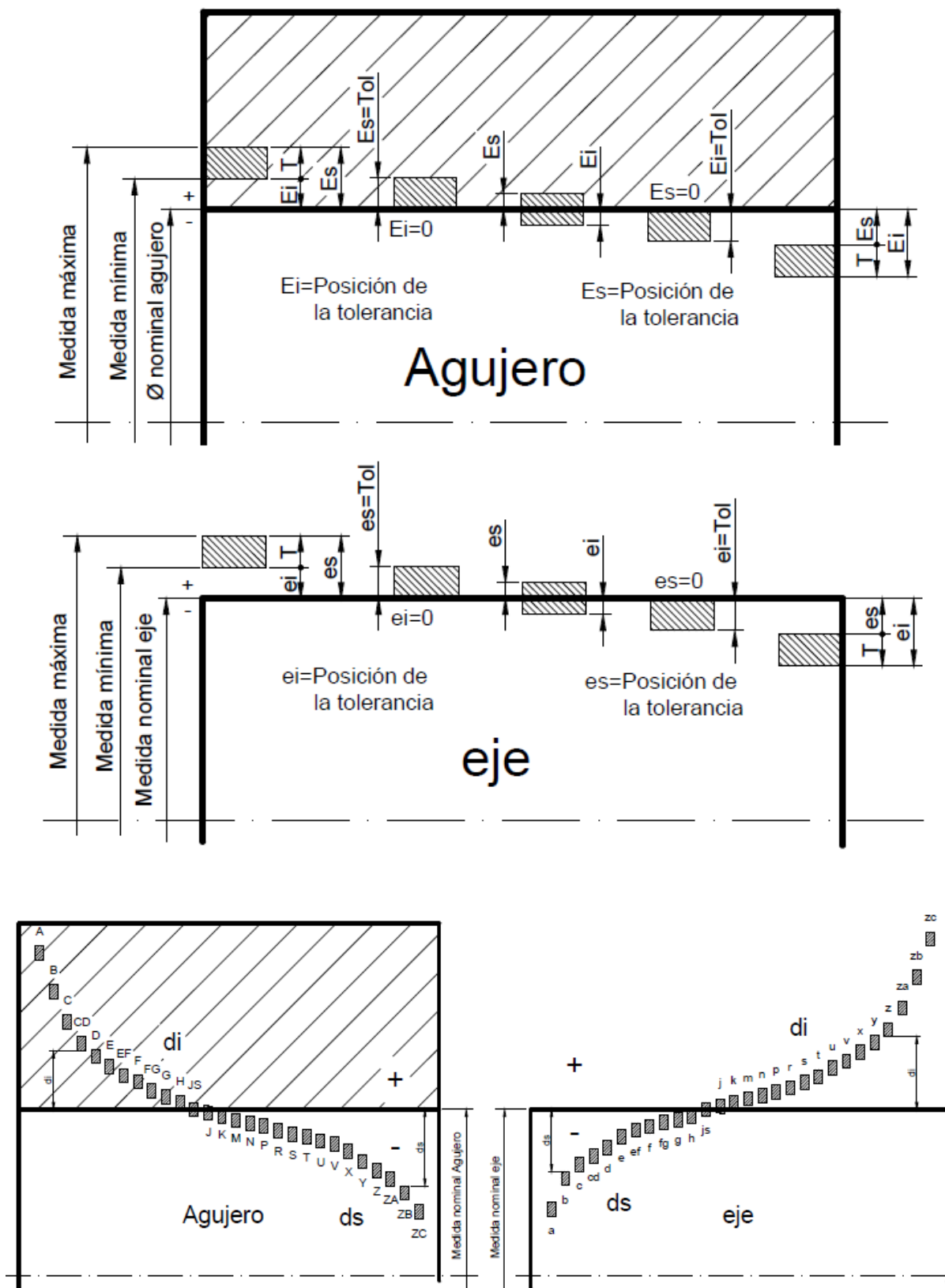


Figura 10.2: Posición de la zona de tolerancia

La posición de la tolerancia se determina mediante las tablas de los Anexos 13 y 14 (para ejes y agujeros respectivamente), en las cuales se obtiene: (Ver figura 10.2):

En ejes	ds para posiciones a, js	di para posiciones j ,zc
En agujeros	Di para posiciones A, JS	Ds para posiciones J, ZC

Tabla 10.2: Posición de las tolerancias

En la tabla correspondiente a los ejes la búsqueda es inmediata. En la de los agujeros, se ha de sumar el valor Δ según el índice de calidad IT en las posiciones K a ZC. Para visualizarlo se muestran unos ejemplos:

Ø80K6 En la tabla del Anexo 14 se obtiene $Es = -2 + \Delta$.

Δ se obtiene a la derecha de la tabla para valores de IT3 a IT8, correspondiendo a IT6 el valor 6. Siendo $Es = 4 \mu m$.

En la tabla, IT6 para diámetro 80 vale $19 \mu m$, por lo que **$Es = +4 \mu m$ y $Ei = -15 \mu m$** .

Ø110M7 En la tabla del Anexo 14 se obtiene $Es = -13 + \Delta$.

Δ , a la derecha de la tabla para el valor de IT7 vale 13. Siendo $Es = 0 \mu m$.

En la tabla, IT7 para diámetro 110 vale $35 \mu m$, por lo que **$Es = 0 \mu m$ y $Ei = -35 \mu m$** .

Ø36 N4 En la tabla del Anexo 14 se obtiene $Es = -17 + \Delta$.

Δ , a la derecha de la tabla para el valor de IT4 vale 3. Siendo $Es = -14 \mu m$.

En la tabla, IT4 para diámetro 36 vale $7 \mu m$, por lo que **$Es = -14 \mu m$ y $Ei = -15 \mu m$** .

10.1.4 Tipos de ajuste

La norma UNE-EN 20286-1:1996 define ajuste del siguiente modo:

Es la relación resultante de la diferencia, antes de ensamblar, entre las medidas de dos elementos, agujero y eje respectivamente, destinados a ser ensamblados. Se entiende que ambos elementos tienen la misma medida nominal.

➤ APRIETE ó FORZADO ó FIJO

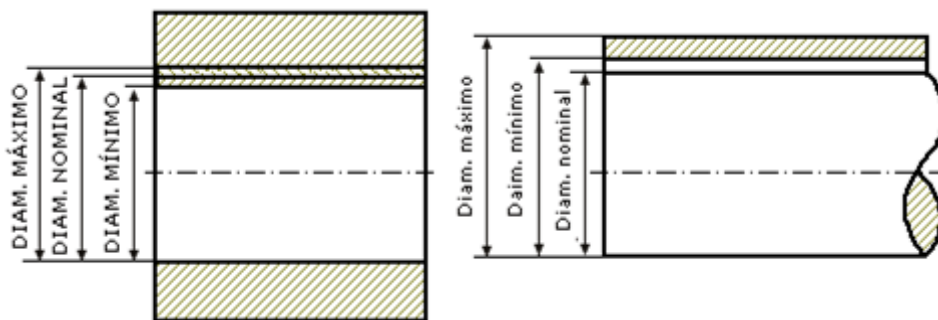
Se denomina apriete a la diferencia de las medidas, antes de ensamblar, del agujero y del eje, cuando esta diferencia es negativa, es decir, cuando la medida del eje es superior a la del agujero.

Así pues, se definen:

Apriete máximo: DIÁMETRO MÍNIMO - Diámetro máximo

Apriete mínimo: DIÁMETRO MÁXIMO - Diámetro mínimo

Tolerancia de apriete: Apriete máximo – Apriete mínimo



Nota: A efectos de cálculo se consideraran negativos los valores del apriete.

➤ JUEGO ó MÓVIL

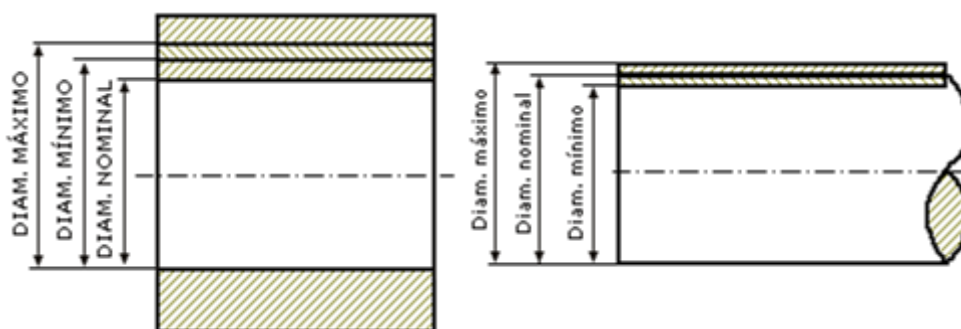
Se denomina juego a la diferencia entre las medidas, antes de ensamblar, del agujero y del eje, cuando esta diferencia es positiva, es decir, cuando la medida del eje es inferior a la del agujero.

Así pues, se definen:

Juego máximo: DIÁMETRO MÁXIMO - Diámetro mínimo

Juego mínimo: DIÁMETRO MÍNIMO - Diámetro máximo

Tolerancia de juego: Juego máximo – Juego mínimo



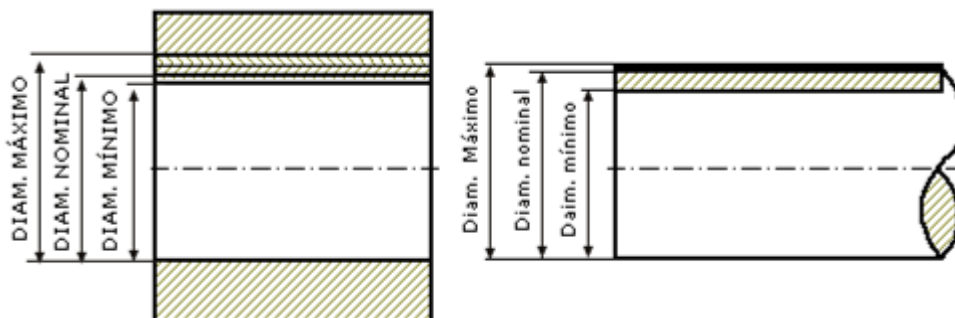
➤ INDETERMINADO ó INCIERTO

Ajuste que asegura tanto juego como aprieto antes del ensamblaje, es decir, las zonas de tolerancia de ambos elementos se solapan entre sí. En otras palabras, la diferencia entre las medidas efectivas de agujero y eje puede resultar positiva o negativa.

Apriete máximo: DIÁMETRO MÍNIMO - Diámetro máximo

Juego máximo: DIÁMETRO MÁXIMO - Diámetro mínimo

Tolerancia de ajuste indeterminado: Juego máximo – Apriete máximo



10.1.5 Sistemas de ajuste

Un sistema de ajuste es un conjunto de ajustes entre ejes y agujeros que pertenecen a un sistema de tolerancias. Dado que existe gran cantidad de combinaciones de posiciones de la zona de tolerancia para seleccionar un ajuste, se han definido dos sistemas de ajustes preferentes que a continuación se explicarán.

Así por ejemplo, si en un eje deseamos ajustar una serie de casquillos, dando lugar a ajustes con apriete en algunos casos o con holgura en otros, podemos proceder de varias maneras: hacer todos los agujeros de la misma medida y jugar con el tamaño de los ejes, o viceversa, hacer todos los ejes de la misma medida y jugar con el tamaño de los agujeros.

➤ SISTEMA DE AJUSTE DE EJE ÚNICO ó EJE BASE

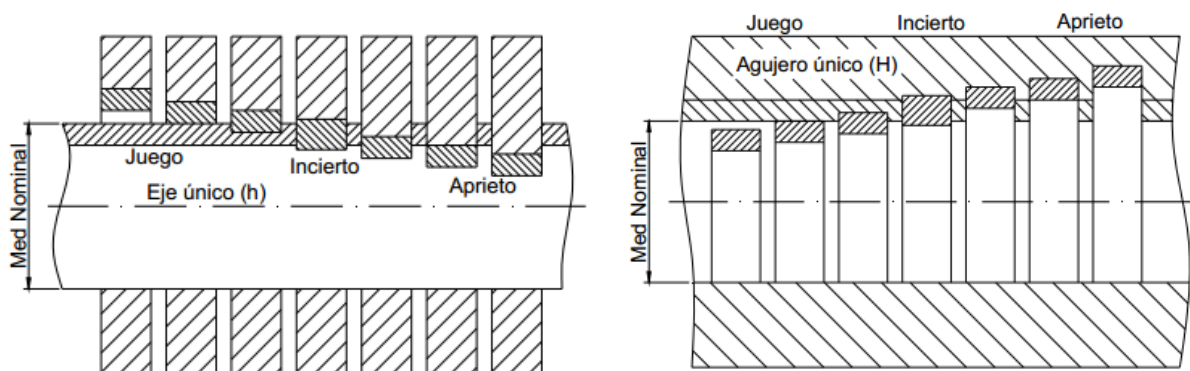
Conjunto de ajustes en el que los diferentes juegos o aprietes son obtenidos variando la posición de la zona de tolerancia en el agujero y fijando la posición de tolerancia en el eje.

Este sistema toma la posición “h” como la posición única del eje. En esta posición la medida máxima del eje es igual a la nominal, luego la desviación superior del eje (es) es nula.

➤ SISTEMA DE AJUSTE DE AGUJERO ÚNICO ó AGUJERO BASE

Conjunto de ajustes en el que los diferentes juegos o aprietes son obtenidos variando la posición de la zona de tolerancia en el eje y fijando la posición de tolerancia en el agujero.

Este sistema toma la posición “H” como la única del agujero. En esta posición la medida mínima del agujero es igual a la nominal, luego la desviación inferior (EI) es nula.



10.1 Tolerancias geométricas

Las tolerancias geométricas se especifican para aquellas piezas que han de cumplir funciones importantes en un conjunto, de las que depende la fiabilidad del producto. Estas tolerancias pueden controlar formas individuales o definir relaciones entre distintas formas.

La tolerancia geométrica controla la forma, posición u orientación de los elementos a los que se aplican, pero no sus dimensiones, en otras palabras podríamos definir la tolerancia geométrica de un elemento, una pieza, superficie, eje, plano de simetría, etc. como la zona de tolerancia dentro de la cual debe estar contenido dicho elemento. Dentro de la zona de tolerancia el elemento puede tener cualquier forma u orientación, salvo si se da alguna indicación más restrictiva.

Las tolerancias geométricas deberán especificarse solamente en aquellos requisitos que afecten a la funcionalidad, intercambiabilidad y posibles cuestiones relativas a la fabricación; de otra manera, los costes de fabricación y verificación sufrirán un aumento innecesario. En cualquier caso, estas tolerancias habrán de ser tan grandes como lo permitan las condiciones establecidas para satisfacer los requisitos del diseño.

El uso de tolerancias geométricas permitirá, pues, un funcionamiento satisfactorio y la intercambiabilidad, aunque las piezas sean fabricadas en talleres diferentes y por distintos equipos y operarios.

Hay catorce símbolos de características geométricas y se muestran en la imagen 10.4. Están divididos en cuatro categorías: forma, orientación, situación y oscilación.

La indicación de las tolerancias geométricas en los dibujos se realiza por medio de un rectángulo dividido en dos o más compartimientos, figura 10.3, los cuáles contienen, de izquierda a derecha, la siguiente información:

- Símbolo de la característica a controlar.

- Valor de la tolerancia expresada en las mismas unidades utilizadas para el acotado lineal. Este valor irá precedido por el símbolo \emptyset si la zona de tolerancia es circular o cilíndrica.
- Letra identidad del elemento o elementos de referencia, si los hay.

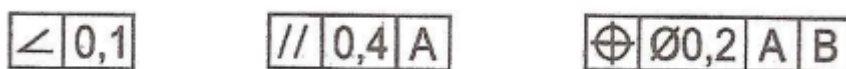


Figura 10.3: Representación de las tolerancias geométricas

TIPO DE TOLERANCIA	CARACTERÍSTICAS	SÍMBOLO
Forma	Rectitud	—
	Planicidad	□
	Redondez	○
	Cilindricidad	∅
	Forma de una línea	⌒
	Forma de una superficie	⌒
Orientación	Paralelismo	//
	Perpendicularidad	⊥
	Inclinación	∠
Situación	Posición	⊕
	Concentricidad y Coaxialidad	◎
	Simetría	≡
Oscilación	Circular	↗
	Total	↗↗

Figura 10.4: Simbología de las tolerancias geométricas

Por último, se adjunta una relación de los planos incluidos al final de este documento en el Anexo 15 “Planos”:

PLANO 1: Prototipo sin carenado
PLANO 2: Tren delantero
PLANO 3: Tija superior
PLANO 4: Tija inferior
PLANO 5: Elementos de la rueda delantera
PLANO 6: Conjunto bastidor
PLANO 7: Pipa dirección
PLANO 8: Viga de material compuesto
PLANO 9: Sop. lateral superior derecho
PLANO 10: Sop. lateral superior izquierdo
PLANO 11: Soporte trasero derecho
PLANO 12: Soporte trasero izquierdo
PLANO 13: Soporte links
PLANO 14: Soporte del muelle
PLANO 15: Soporte inferior
PLANO 16: U soporte links
PLANO 17: L tirante
PLANO 18: Ejes y casquillos
PLANO 19: Conjunto basculante
PLANO 20: Anclaje con bastidor y rocker
PLANO 21: Viga de fibra de carbono
PLANO 22: Anclaje con neumáticos
PLANO 23: Rocker
PLANO 24: Links
PLANO 25: Tren trasero
PLANO 26: Elementos rueda trasera
PLANO 27: Tensores de cadena
PLANO 28: Soporte de pinza trasera

11.PRESUPUESTO

A fin de simplificar estos cálculos, no voy a incluir en este apartado los elementos aportados por la Organización, los cedidos por patrocinadores, ni los reutilizados de otras ediciones (materia prima obtenida, herramientas,...)

Por tanto, el presupuesto se puede englobar básicamente en tres bloques: el presupuesto eléctrico y electrónico, el presupuesto de las principales piezas de la motocicleta hechas de fibra de carbono (bastidor y basculante) y las piezas mecanizadas encargadas a la empresa Ederlan.



Fundación Moto Engineering Foundation
 C.I.F. G44223477
 Parque Tecnológico del Motor de Aragón
 Apartado de correos 196, 44600 Alcañiz (Teruel)
 e-mail: info@fundacionmef.org
 www.fundacionmef.org

Nº Factura: 011-14 Fecha: 24/02/2014

Cliente:
 Univ. Pública de Navarra
 Campus de Arrosadia, s/n
 31006 Pamplona
 Q-3150012-G

Cantidad	Concepto	Precio/unidad	Total
1,00	Componentes adicionales al motor proporcionado en el kit MotoStudent 2013-2014: ECU	220,42	220,42 €



G-44.223.477
 PARQUE TECNOLÓGICO DEL MOTOR DE ARAGÓN
 Apdo. Correos 196 - 44600 ALCAÑIZ

Total base imponible	220,42 €
-----------------------------	-----------------

Forma de pago: Transferencia bancaria al nº de c/c:
 ES26 3080 0008 11 2105439422
 Fecha de vencimiento: 28/02/2014

21% I.V.A.	46,29 €
Total factura	266,71 €

Figura 11.1: Presupuesto del equipo ECU

Pro #1 Performance Research and Development S.L

CIF: ES B 70085923

C/ Ronda de Outeiro 318 5D CP 15011, LA CORUÑA, SPAIN

Tlf: +34 696 361 163

e-mail: ramonrey@pro-1performance.com

PRESUPUESTO Nº 014-B355

CLIENTE: Universidad Pública de Navarra

N/D

FECHA: 14/03/2014

CONTACTO: Idem

Ref.	Concepto	Cantidad	Precio und.	Total
Pro 31100	Equipo Haltech SPRINT 500 Pro Cableado (sn terminales a sensores) Sensor MAP 1,5 bar integrado Relés Bosch Cable de PC USB con software	1	936,50 €	936,50 €
Pro T10114	Equipo Haltech E6X Con conector SIN cableado (es necesario cablear a los pines del conector de la centralita) Sensor MAP 1,5 bar integrado Relés Bosch Cable de PC RS232 serie con software	1	475,50 €	475,50 €
Pro 37250	Sensor temp. aire Haltech con conector y pines	1	33,15 €	33,15 €
Pro 37299	Sensor temp. agua Haltech con conector y pines	1	33,15 €	33,15 €
Pro 37300	Sensor pos. de mariposa conector y pines	1	- €	- €
Pro 38200	Bobina encendido con módulo integrado Haltech	1	133,18 €	133,18 €

TOTAL OPCION S500 (IVA INCL)

1.374,54 €

TOTAL OPCION E6X usada (IVA INCL)

776,61 €

OBSERVACIONES:

Los precios anteriormente descritos están sujetos a impuesto de IVA donde aplique.

La validez de la oferta descrita es de 30 días desde la fecha de emisión de la misma.

El listado de componentes/servicios expuesto no es excluyente y, una vez definida la ingeniería de detalle puede variar el alcance

En caso de que sea preciso incluir trabajos o elementos adicionales durante el montaje o puesta a punto se le comunicará debidamente al cliente con los cargos correspondientes.

(*) El cliente proveerá fusibles, caja de fusibles y porta relés así como soporte para los sensores suministrados

No dude en realizar cualquier consulta. Le atenderemos con mucho gusto.

Gracias por su confianza en Pro-1 Performance

Ramón Rey

www.pro-1performance.com

Figura 11.2: Presupuesto eléctrico y electrónico

PRESUPUESTO BASTIDOR				
COMPONENTES DE FIBRA DE CARBONO		Cantidad	Precio	Total en €
VIGAS DE FIBRA DE CARBONO	Tela Unidireccional	12 m ²	45€/m ²	540
	Desmoldeante	2 litros		25
	Placas de acero con agujeros	0,25m ²		12
	Lijas	2	1	2
	Tubo sección rectangular 30x80	2 kg	3	6
	Tubo sección rectangular 50x100	3 kg	4	12
	Disco de corte fibra de vidrio	1		33
	Tornillos DIN931_M6L40	50	0.110	5.5
Subtotal				635.5
COMPONENTES DE ALUMINO		Unidades	€/Unidad	Total en €
MECANIZADO	Pipa	1	400	400.00
	Soporte trasero derecho	1	250	250.00
	Soporte trasero izquierdo	1	250	250.00
	Soporte links	1	150	150.00
	Soporte muelle	1	150	150.00
	Material (Aluminio 6061T6)			300.00
Subtotal				1500.00
EJES Y CASQUILLOS	Eje motor	1	25	25.00
	Eje soporte inferior	1	15	15.00
	Casquillo eje motor	1	10	10.00
Subtotal				50.00
TORNILLOS CINCADOS	Tornillo DIN931_M6L35	8	0.102	0.82
	Tornillo DIN931_M6L40	10	0.110	1.10
	Tornillo DIN931_M6L80	1	0.430	0.43
	Tornillo DIN7380_M8L60	4	0.670	2.68
ARANDELAS CINCADAS	Arandela DIN125A_M6	38	0.013	0.49
	Arandela DIN125A_M8	4	0.019	0.08
	Arandela DIN125A_M10	2	0.038	0.08
	Arandela DIN125A_M12	2	0.059	0.12
TUERCAS AUTOBLOCANTES	Tuerca DIN985_M6	19	0.170	3.23
	Tuerca DIN985_M8	4	0.350	1.40
	Tuerca DIN985_M10	1	0.740	0.74
	Tuerca DIN985_M12	1	1.190	1.19
Subtotal				12.35
TOTAL €				2197.85



Polig. Industrial Arazuri-Orcuyen, Calle C, nº 24
 Teléfono 948 32 44 55 - Fax 948 32 44 56
 31170 ARAZURI (Navarra)
 ederlan@talleresederlan.com

INDUSTRIAS INAME S.L.

Ctra. Guipuzkoa Km. 7

31195 BERRIOPLANO

NAVARRA

A la atención: David Zaratigui

Presupuesto Nº	176
Fecha	20/06/2014

Referencia	Denominación	Observaciones	€uros/Ud	Unidad	Total €
S/PLANO	PIEZA ALUMINIO BASCULANTE			1	
S/PLANO	ANCLAJE RUEDA			1	
S/PLANO	PIPA DE LA DIRECCION			1	
S/PLANO	SOPORTE TRASERO MOTOR 1			1	
S/PLANO	SOPORTE TRASERO MOTOR 2			1	
S/PLANO	SOPORTE TRASERO MOTOR 3			1	
S/PLANO	SOPORTE MUELLE			1	
S/PLANO	SOPORTE LINKS			1	
		TOTAL MECANIZADO	2.000,00	1	2.000,00
		TOTAL MATERIAL (5083)	200,00	1	200,00

Suma Total : ... **2.200,00 €**

Figura 11.3: Presupuesto de las piezas a mecanizar

12. CONCLUSIONES

El proyecto profundiza en el mundo de las motocicletas, desde un punto de vista técnico. Para ello se han ido desarrollando cuáles son las cualidades prácticas y reales que se buscan en la fabricación de una motocicleta de competición. En todo este tiempo he podido comprobar lo difícil que puede ser optimizar cualquier componente cuando estás restringido por varios reglamentos y si a su vez se trabaja con un equipo de integrantes muy diversos, que deben compaginarse y trabajar en armonía como uno solo.

En este proyecto se consigue cumplir el objetivo principal, que es una propuesta de la fabricación de un prototipo de carreras de categoría Moto3, de acuerdo con el diseño realizado anteriormente. Todo esto, sujeto a las especificaciones requeridas de la tercera edición de la competición de MotoStudent.

La propuesta de diseño está basada en el benchmarking realizado y la experiencia previa de los equipos ETSIIT-UPNa Racing.

Con el diseño definitivo, y condicionada por los recursos suministrados por los patrocinadores y la propia Universidad, procedo a la elaboración con CATIA de los planos de fabricación de las piezas a conseguir, y finalmente a un estudio específico para cada una de ellas sobre los materiales y la tecnología de fabricación más adecuada tanto para el prototipo como para una fabricación en serie.

Pensando en el premio a la innovación, el equipo decidió arriesgarse creando un prototipo híbrido, compuesto por el bastidor y basculante de fibra de carbono con resina epoxi, y el resto de piezas de la estructura de aluminio 6061 T6. Esta elección, me ha permitido conocer a fondo los materiales compuestos, sus propiedades, aplicaciones y procesos de fabricación. Materiales en pleno auge gracias a sus excelentes características, aunque de momento con un precio elevado.

Respecto a las tecnologías de fabricación que se recogen en este documento, destaca el mecanizado de cinco ejes para la mayoría de piezas del prototipo, algo esperado ya que se trata de la fabricación unitaria de piezas cuyo diseño es único. Es el proceso más desarrollado, capaz de generar casi cualquier pieza con gran calidad, pero excesivamente caro.

Al margen de la fabricación del prototipo para la competición, me ha resultado especialmente interesante el análisis de las diferentes soluciones viables para poder industrializar los procesos de fabricación de las piezas y la posterior venta del producto, como si de una empresa se tratase. Para ello, la necesidad principal es abaratar costes, mediante la compra en lotes, el rediseño de la pieza o la utilización de procesos más convencionales en la industria. Así pues, he podido comprender mejor tecnologías como la extrusión, moldeo, forja, rectificado..., el alcance que tienen y sus aplicaciones.

En definitiva, puedo concluir que se trata de un proyecto tremendamente enriquecedor, que me ha permitido familiarizarme con el mundo del motociclismo y formar parte y colaborar en cada una de las etapas que conlleva el diseño y la fabricación de una motocicleta de alta competición.

Este proyecto ha supuesto un reto personal y grupal, ya que es multidisciplinar y se basa en la vida real, con los mismos condicionantes del mundo industrial; trabajo en equipo, ajustado presupuesto, alta competencia, plazos de entrega, selección de proveedores...

Pero esta aventura no termina aquí, para unos, supone el principio de una nueva etapa, la inserción en el mundo laboral, y para otros, será la base en donde trabajar para seguir mejorando y optimizando elementos de cara a la cuarta edición de la Competición MotoStudent.

13. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Web oficial de la Competición MotoStudent
<http://www.motostudent.com/>

- [2] Web oficial de la “Moto Engineering Foundation”
<http://www.fundacionmef.org/>

- [3] Documental “Historia del motociclismo”
http://www.youtube.com/watch?v=htM4_GPYstQ

- [4] Blog Motor Pasión
<http://www.motorpasionmoto.com/>

- [5] Diseño de un basculante de fibra de carbono para una motocicleta de competición
Jonatan Garrido Obregón. PFC

- [6] Diseño de bastidor de fibra de carbono y aluminio para una motocicleta de competición de 250cc y optimización de suspensión alternativa
David Aisa Egea y Diego Armando Rojas Cajas. TFM

- [7] Estudio y modificación de la gestión electrónica del motor e implementación del sistema eléctrico del prototipo MotoStudent
Joseba López Vidarte. TFG

- [8] Materiales y técnicas aplicados al moldeo
José M. Pereira Uzal

- [9] Manual del aluminio
W. Hufnagel. Ed.Reverté, S.A.

- [10] Introducción a los Materiales Compuestos: Diseño, fabricación y ensayo
José Sancho Rodríguez. Dpto. Ingeniería mecánica, energética y de materiales

- [11] Conformado plástico de metales: El proceso de forja
Escuela Técnica Superior de Ingeniería. Bilbao

- [12] Conformado por moldeo
I.E.S. Cristóbal de Monroy. Dpto. de Tecnología

- [13] Ajustes y tolerancias mecánicas
Fernando Espinosa Fuentes

14. ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Boceto de una motocicleta	5
Figura 2.1: Prototipo de una edición anterior	7
Figura 2.2: Estructuración del PFC	9
Figura 3.1: Numerosos espectadores en un Campeonato de motociclismo	10
Figura 3.2: Primera motocicleta mundial, obra de Golttlieb Daimler	11
Figura 3.3: Triciclo autopropulsado de Francisco Bonet, 1889.	12
Figura 3.4: Bicicleta con motor de petróleo. Presentada por Antrax, en 1901.....	13
Figura 3.5: Primera motocicleta fabricada en serie en España, 1943.....	14
Figura 3.6: Una Vincent Black Shadow Serie C, de 1954	15
Figura 3.7: Moto Honda CB 750 Four, de 1973.....	16
Figura 3.8: Gilberto Parlotti durante el Campeonato de 1972.....	17
Figura 3.9: Los italianos Valentino Rossi y Giacomo Agostini	19
Figura 3.10: Los españoles Ángel Nieto y Jorge Lorenzo	19
Figura 3.11: Suzuki GSX R600, modelo actual de motocicleta de competición	19
Figura 4.1: Logo de MEF	20
Figura 4.2: Logo de MotoStudent	21
Figura 4.3: Fases de la Competición MotoStudent.....	25
Figura 5.1: Dimensiones frontales de la motocicleta	34
Figura 5.2: Dimensiones laterales de la motocicleta	35
Figura 5.3: Dimensiones en planta de la motocicleta.....	35
Figura 5.4: Ángulos ergonómicos del piloto	36
Figura 5.5: Localización de dorsales	37
Figura 5.6: Dimensiones de los caracteres del dorsal.....	38
Figura 5.7: Motor aportado por la Organización	39
Figura 5.8: Suspensión delantera y trasera	39
Figura 5.9: Neumático delantero	40
Figura 5.10: Llanta delantera y trasera	40
Figura 5.11: Componentes del sistema de frenado.....	41
Figura 5.12: Sala-Taller del equipo ETSIIT-UPNa Racing	43
Figura 5.13: Prototipos de las ediciones pasadas	44
Figura 6.1: Tornillos, tuercas y arandelas	46
Figura 6.2: Tuerca autoblocante	47
Figura 6.3: Unión de piezas en el eje delantero.....	47
Figura 6.4: Láminas de fibra de carbono	48
Figura 6.5: Diseño del bastidor	49
Figura 6.6: Diseño del basculante	49
Figura 7.1: Bastidor	60
Figura 7.2: Soportes superiores del bastidor	62

Figura 7.3: Pipa	62
Figura 7.4: Soporte trasero	63
Figura 7.5: Soporte de links.....	63
Figura 7.6: Soporte de muelle.....	64
Figura 7.7: Soporte inferior	64
Figura 7.8: Basculante	65
Figura 7.9: Anclaje con el bastidor.....	66
Figura 7.10: Anclaje con las ruedas.....	67
Figura 7.11: Componentes comprados a la Organización.....	68
Figura 7.12: Kit completo de gestión Sybele Challenger5 y una centralita Motec	69
Figura 7.13: Cableado Sherco 260i-R	70
Figura 7.14: Cable RS232 y Cable USB	71
Figura 7.15: Power Commander.....	72
Figura 7.16: Rapid Bike EVO & My Tuning-Bike	73
Figura 7.17: Esquema de conexionado.....	74
Figura 7.18: Placa de Arduino Uno y Pantalla LCD	75
Figura 7.19: Patrocinadores del equipo ETSIIT-UPNa Racing	76
Figura 8.1: Material compuesto.....	77
Figura 8.2: Aplicaciones de los materiales compuestos	78
Figura 8.3: Clasificación de las matrices.....	80
Figura 8.4: Fibra de vidrio.....	87
Figura 8.5: Fibra de aramida.....	88
Figura 8.6: Fibra de carbono.....	90
Figura 8.7: Tejido Mat.....	93
Figura 8.8: Tejido Roving	94
Figura 8.9: Tejido plano o tafetán	94
Figura 8.10: Tejido en sarga.....	94
Figura 8.11: Tejido de raso.....	95
Figura 8.12: Tejido unidireccional, bidireccional y tridireccional	96
Figura 8.13: Tochos de aluminio 6061	98
Figura 9.1: Ejemplos de planos de las piezas	100
Figura 9.2: Detalle de las vigas de fibra de carbono	102
Figura 9.3: Kit para fibra de carbono	103
Figura 9.4: Método de la bolsa de vacío.....	104
Figura 9.5: Compresor de frigorífico.....	104
Figura 9.6: Viga de acero	105
Figura 9.7: Colocación de los tejidos	106
Figura 9.8: Telas colocadas sobre el molde.....	106
Figura 9.9: Fabricación de las chapitas agujereadas.....	107
Figura 9.10: Fabricación de la viga externa	108
Figura 9.11: Configuración final del sistema	109

Figura 9.12: Sistema en el horno	109
Figura 9.13: Pieza de fibra de carbono curada	110
Figura 9.14: Pieza retorcida.....	110
Figura 9.15: Desmoldeante para materiales compuestos.....	111
Figura 9.16: Proceso de fabricación para piezas de material compuesto	112
Figura 9.17: Método de contacto manual	113
Figura 9.18: Método RTM	114
Figura 9.19: Componentes del método RIM	115
Figura 9.20: Método RIM.....	116
Figura 9.21: Esquema del proceso por pultrusión	117
Figura 9.22: Pultrusión	118
Figura 9.23: Método Filament winding.....	118
Figura 9.24: Fabricación con el método Filament winding.....	119
Figura 9.25: Método SCM.....	120
Figura 9.26: Detalle de los soportes laterales del bastidor	122
Figura 9.27: Vista frontal, lateral e isométrica de la pipa	124
Figura 9.28: Centro de mecanizado de 5 ejes	125
Figura 9.29: Cinemática general de las máquinas de 5 ejes	126
Figura 9.30: Detalle de los soportes laterales del bastidor	128
Figura 9.31: Posicionamiento de los soportes laterales del bastidor	129
Figura 9.32: Detalle del soporte de links	130
Figura 9.33: Formas de los perfiles de aluminio en orden de dificultad	132
Figura 9.34: Extrusión del aluminio	134
Figura 9.35: Flujo del material en la extrusión de aluminio.....	134
Figura 9.36: Detalle del soporte del muelle.....	136
Figura 9.37: Piezas del soporte inferior.....	137
Figura 9.38: Soporte inferior del motor	137
Figura 9.39: Anclajes actuales y rediseñados	139
Figura 9.40: Anclaje entre el bastidor y el basculante.....	140
Figura 9.41: Mecanizado de 5 ejes	141
Figura 9.42: Tipos de conformado por moldeo	143
Figura 9.43: Moldeo con colada por coquilla.....	147
Figura 9.44: Moldeo con colada por presión o inyección	147
Figura 9.45: Detalle del anclaje del basculante con las ruedas	148
Figura 9.46: Detalle del rocker	150
Figura 9.47: Material base para mecanizado	150
Figura 9.48: Detalle del link	151
Figura 9.49: Tren delantero y tren trasero de la motocicleta.....	152
Figura 9.50: Detalle de la tija inferior	153
Figura 9.51: Aspecto de la computadora de una máquina de control numérico	154
Figura 9.52: Antes y después de aplicar el proceso de forja con estampa	156

Figura 9.53: Forjado con estampas	157
Figura 9.54: Ejes y casquillos de la motocicleta	158
Figura 9.55: Vigas cilíndricas de acero	159
Figura 9.56: Esquema de una operación de refrentado	160
Figura 9.57: Esquema de una operación de torneado	161
Figura 9.58: Esquema de una operación de fresado	162
Figura 9.59: Esquema de una operación de rectificado	163
Figura 9.60: Esquema de una operación de rectificado sin centros.....	164
Figura 9.61: Esquema de una operación de rectificado sin centros automatizada	165
Figura 9.62: Soporte de links en forma de U.....	165
Figura 9.63: Unión del bastidor con los links.....	166
Figura 9.64: Tubos de acero de perfil rectangular.....	166
Figura 9.65: Cortadora de sierra de disco.....	167
Figura 9.66: Soporte en forma de L.....	168
Figura 9.67: Tubos de acero de perfil rectangular.....	169
Figura 9.68: Tensor de cadena.....	170
Figura 9.69: Ajuste del tensor de la cadena.....	170
Figura 9.70: Soporte de pinza de freno.....	172
Figura 9.71: Colocación del soporte en la motocicleta	173
Figura 9.72: Elementos normalizados comerciales	174
Figura 9.73: Tornillería empleada en la fabricación de la motocicleta	175
Figura 10.1: Simbología ISO.....	176
Figura 10.2: Posición de la zona de tolerancia	178
Figura 10.3: Representación de las tolerancias geométricas	184
Figura 10.4: Simbología de las tolerancias geométricas	184
Figura 11.1: Presupuesto del equipo ECU.....	186
Figura 11.2: Presupuesto eléctrico y electrónico	187
Figura 11.3: Presupuesto de las piezas a mecanizar	189

15. ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1: Categorías del Campeonato Mundial de Motociclismo	17
Tabla 3.3: Sistema de puntos actual	17
Tabla 3.2: Circuitos actuales de Grandes Premios	18
Tabla 4.1: Calendario y plazos de documentación	22
Tabla 4.2: Puntuación de la fase MS1	24
Tabla 4.3: Puntuación de la fase MS2	25
Tabla 4.4: Horario del evento	27
Tabla 4.5: Equipos participantes	27
Tabla 4.6: Equipo de la UPNA	28
Tabla 7.1: Desglose del proyecto	52
Tabla 7.2: Predicción del trabajo	54
Tabla 7.3: Tabla de requerimientos funcionales	59
Tabla 8.1: Propiedades de los materiales compuestos	96
Tabla 9.1: Posicionamiento de los agujeros en el soporte de pinza	173
Tabla 9.2: Relación de la tornillería empleada en la motocicleta	174
Tabla 10.1: Agrupación de las calidades según su función	177
Tabla 10.2: Posición de las tolerancias	179

16. ANEXOS

ANEXOS

ANEXO 1: FORMULARIO DE PREINSCRIPCIÓN



MotoStudent Pre-registration Form



We are pleased to announce that the MotoStudent 2013/2014 Competition has been launched **NOW**, you can reserve your place in the competition by filling in this form and sending it to the Organization of MotoStudent.

Notes:

- All teams must fill out the information below. Use a second form to add more members.
- The places are limited and the selected teams will be announced soon.
- This is a pre-registration form, more details and information about the competition will be sent to the pre-registered teams in the following weeks.

If you have any technical problems or any question, please submit them online via e-mail to:
faq@motostudent.com

University Name:	<input type="text"/>
Degree or Course:	<input type="text"/>
Team Leader Name:	<input type="text"/>
Faculty Advisor Name:	<input type="text"/>

No	TEAM MEMBER NAME	e-mail	U	P
			<small>Tick U for Undergraduate Tick P for Postgraduate</small>	
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

ANEXO 2: FORMULARIO DE INSCRIPCIÓN



MotoStudent 2013-2014 Registration Form



Please, fill this document in order to be registered in the III International Competition MotoStudent

Notes:

- All teams must fill out the information below. Use a second form to add more members
- The places are limited and the selected teams will be announced soon. The teams which have already done the pre-registration are now selected, but they will not be fully registered until they will complete the registration procedure.
- This is a registration form, more details and information about the competition will be sent to the registered teams in the following weeks
- NEW deadline for registration: until 30/06/2013

If you have any technical problems or question, please send an email to:

registry@motostudent.com

GENERAL DATA

University Name			
Degree or Course			
Address			
City		Post Code	
County/State		Country	
VAT ID number		Contact Phone	

TEAM DATA

Faculty Advisor Name	
Faculty Advisor email	
Team Leader Name	

Nº	Team Member Name (please include the Team Leader as well)	email	Date of Birth	Passport number or ID number	U	P
					Undergraduate	Postgraduate
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						

PAYMENT TERMS

Registration fee - a team with 7 members	2.450,00 €
Additional team member	250,00 €
Total number of team members (please fill in)	<input type="text"/> (minimum 7)

TOTAL REGISTRATION FEE	2.450,00 €	+ VAT
-----------------------------------	-----------------------	--------------

*The amounts in the document are VAT excluded

Once the registration form is filled out and received, the organization will generate the corresponding invoice with the total amount due to pay.

Data Protection Policy

The processing of personal data and sending electronic communications by Moto Engineering Foundation are adjusted to the rules established in the article 21 of the Law: Services Information Society and Electronic Commerce 34/2002 dated July the 11th.

The data subject may exercise rights of access, rectification, cancellation and opposition, communicating through email to info@fundacionmef.org

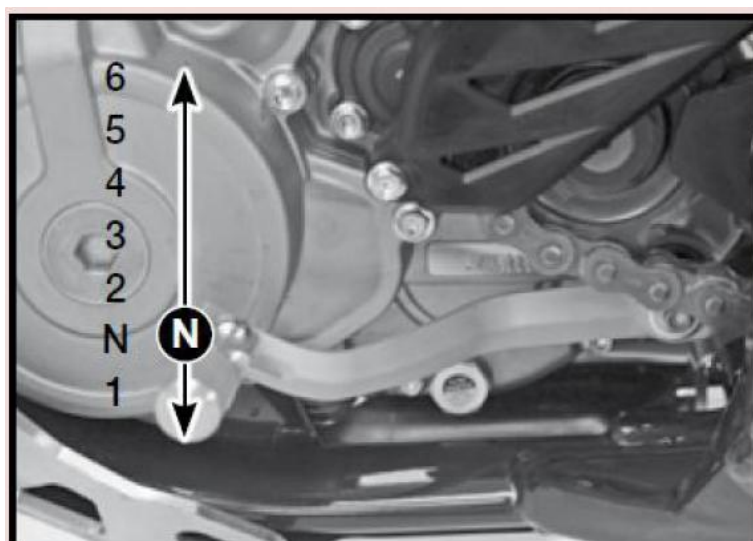
**The given information in this brochure is subjected to changes

*** Please, return this form in the same format

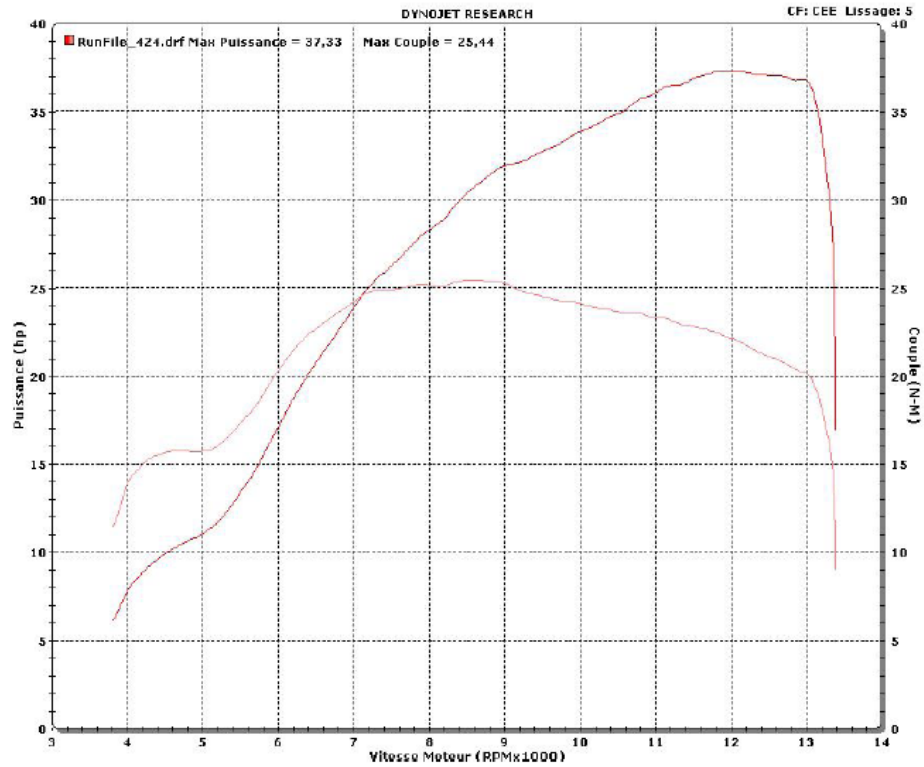
ANEXO 3: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL MOTOR

ENGINE SHERCO SE 250i: TECHNICAL FEATURES	
Type	4 strokes 1 cylinder with liquid coolant
Displacement	249.4 CC
Bore/ Stroke	78/52mm
Compression ratio	12.6 :1
Fuel	Super, unleaded, minimum octane index 95
Valve timing	4 valves, DOHC, driven by tooth type chain
Intake valve diameter	29mm
Exhaust valve diameter	25mm
Thickness intake valve (cold)	0.15-0.2mm
Thickness exhaust valve (cold)	0.2-0.25mm
Crankshaft bearing	2 roller bearing
Piston	Aluminium forge
Lubrication	Lubrication under pressure with 2 trochoidal pumps
Motor oil	1 L SAE 10W60
Primary reduction ratio	(21 :70)
Gear box:	6 speed
1	(14:33)
2	(17:30)
3	(19:28)
4	(21:26)
5	(23:24)
6	(25:22)
Final pinion (Stock)	Z13
Clutch	Multi-disk in oil bath. Hydraulic command
Ignition system / Batterie	Electric start/12V 6.5 Ah
Electronic injection	Magneti Marelli

SELECTOR DE MARCHAS



CURVA DE POTENCIA Y PAR

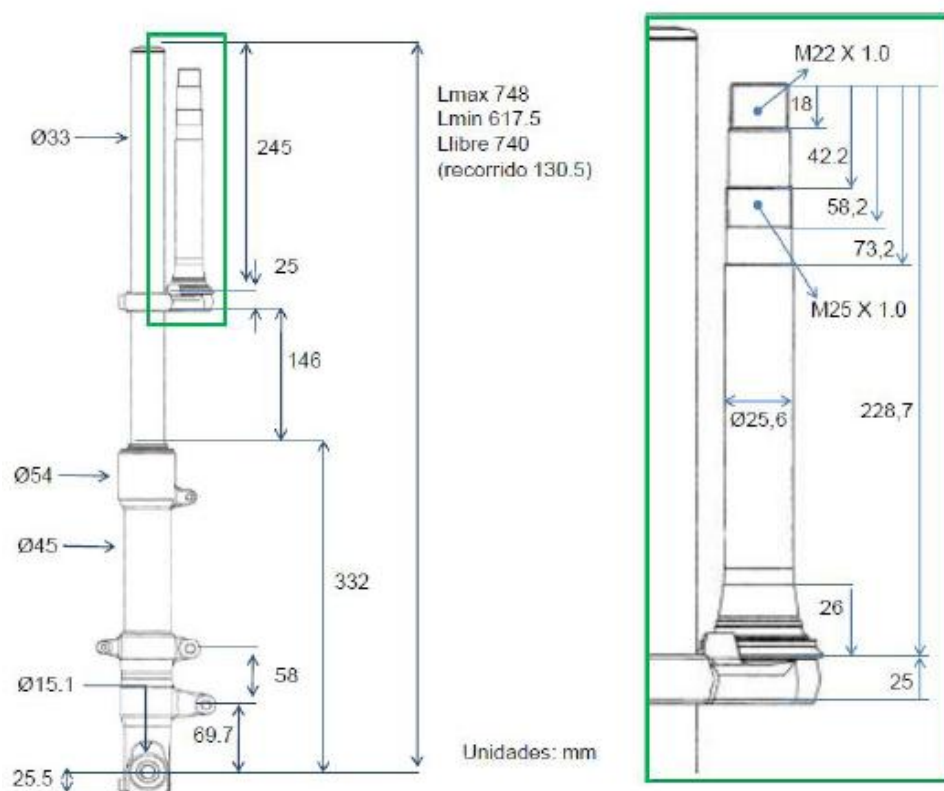


PRECINTO TAPA - CULATA

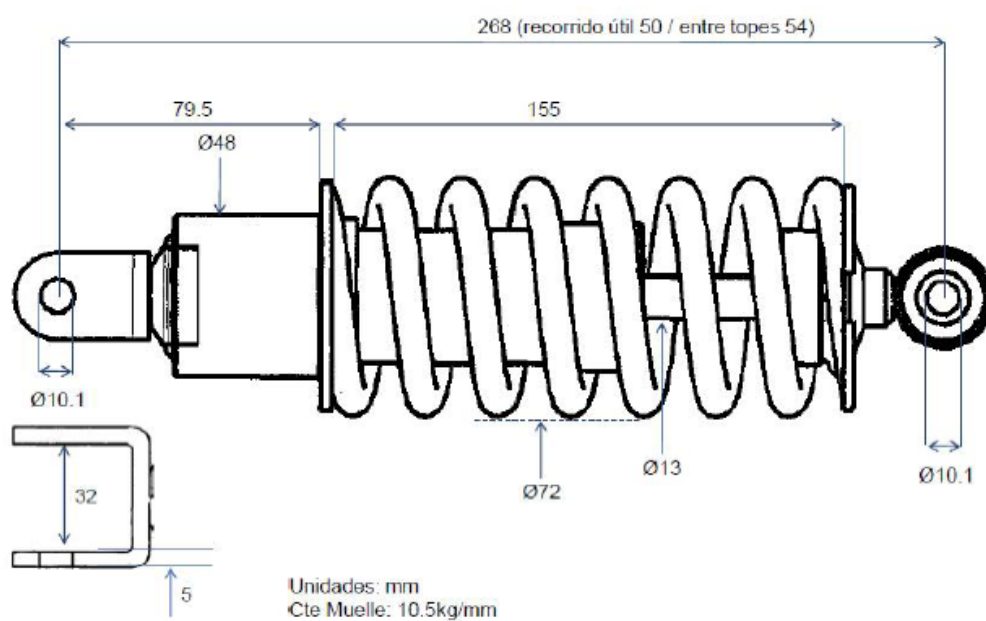


ANEXO 4: SISTEMA DE SUSPENSIÓN

HORQUILLA FRONTAL

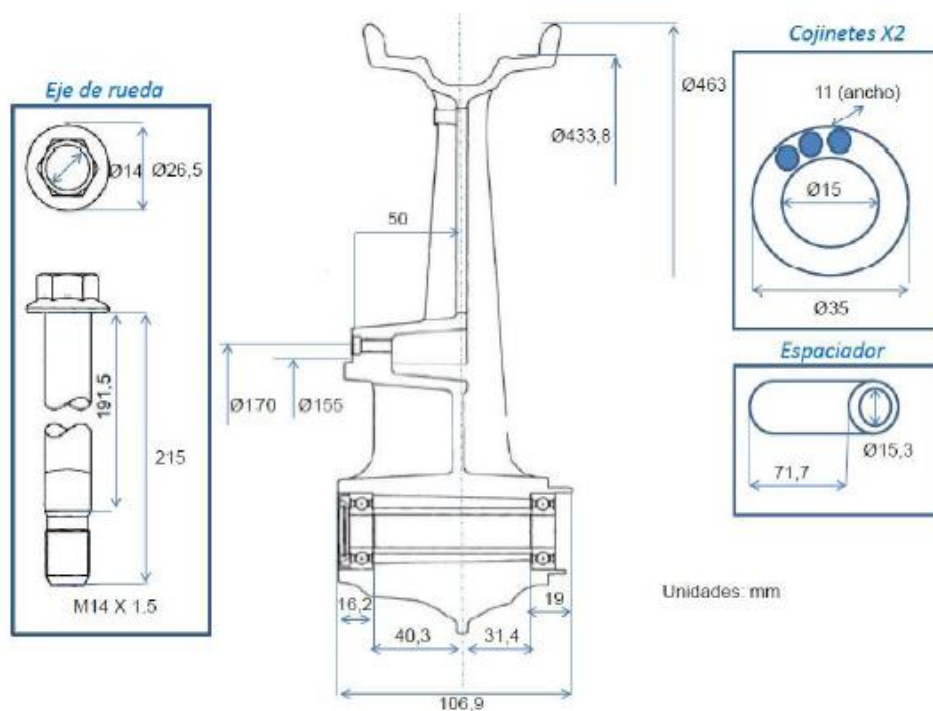


AMORTIGUADOR TRASERO

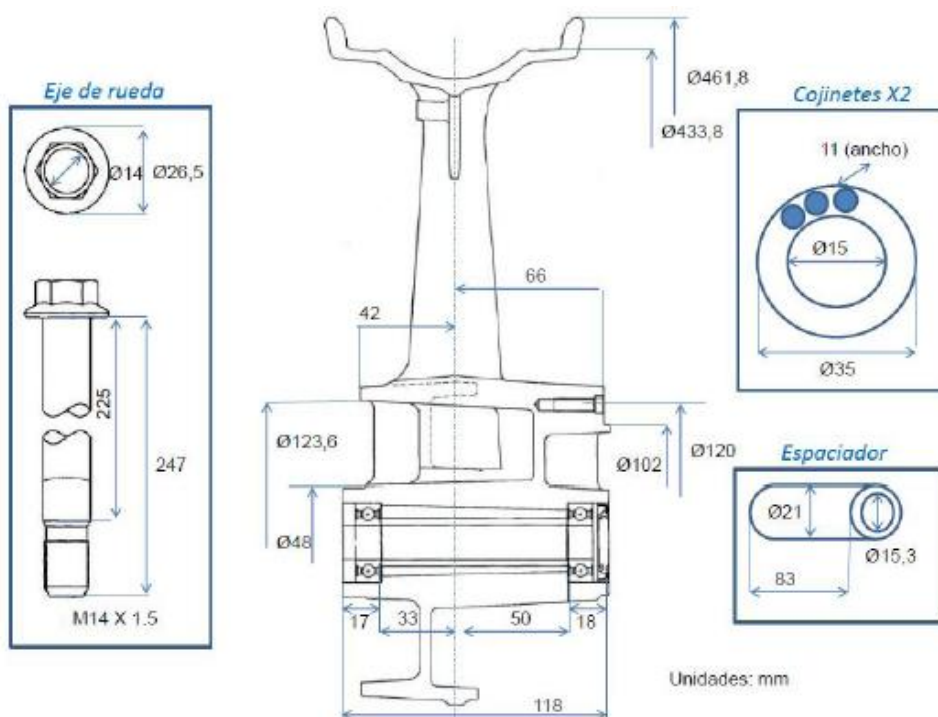


ANEXO 5: LLANTAS

LLANTA DELANTERA (2,75" x 17")



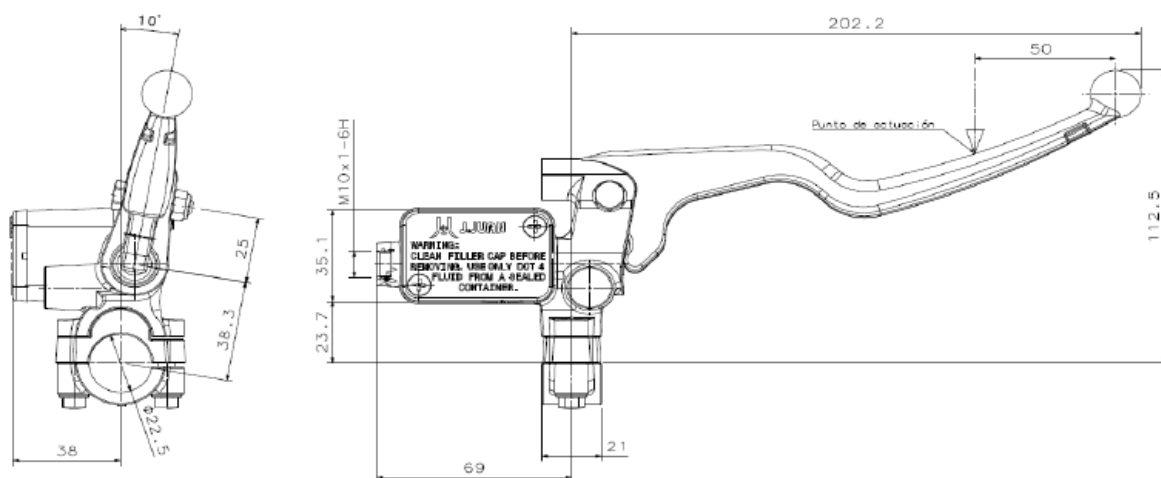
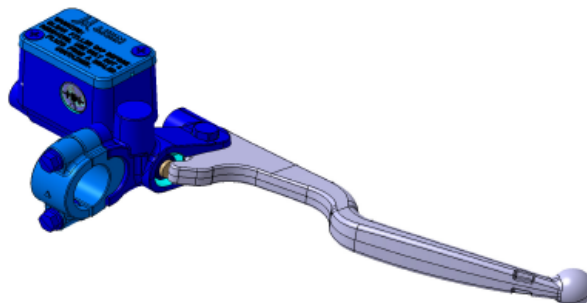
LLANTA TRASERA (3,75" x 17")



ANEXO 6: COMPONENTES DEL SISTEMA DE FRENADO

Descripción:

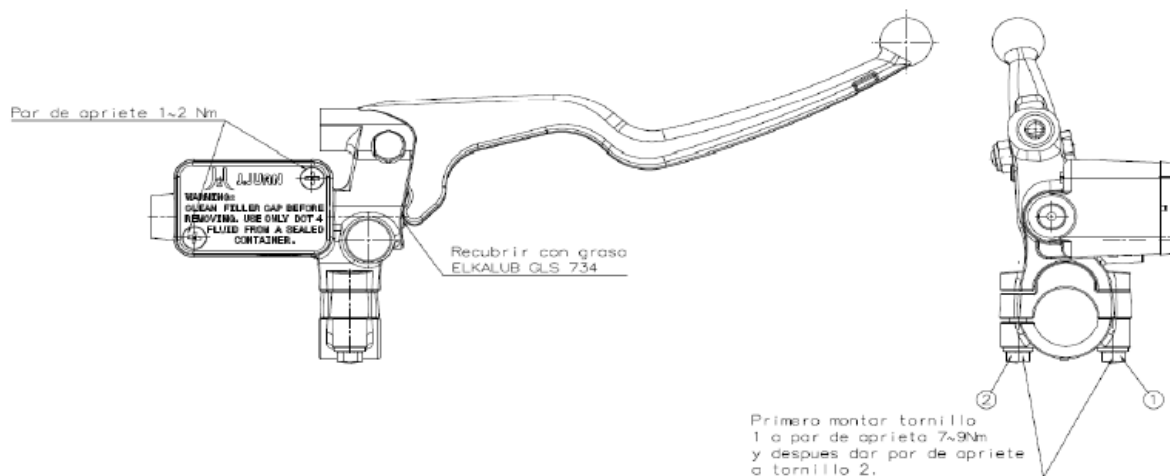
Bomba de mano derecha. Piston de diametro 12,7mm. Para funcionar con líquido de frenos DOT4



Especificaciones técnicas:

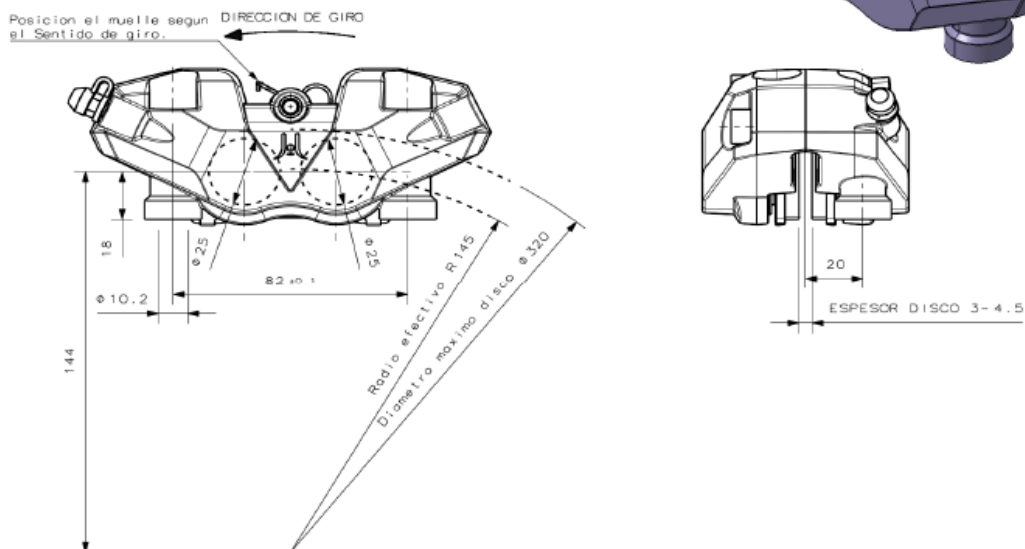
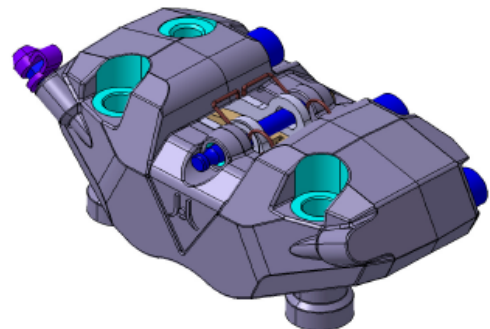
Diametro piston	12,7 mm
Ratio leva	5.20 (Tomando como referencia punto de actuación)
Peso	355 g
Volumen Deposito	24,3 Cm2

Instrucciones de instalación:



Descripción:

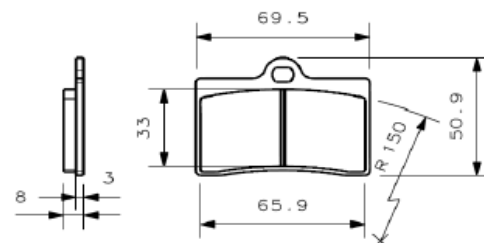
Pinza fija de anclaje radial de 4 pistones.
 Cuerpo de aleación de aluminio. Pistones de
 aluminio anodizado duro, para funcionar con
 líquido de frenos DOT4



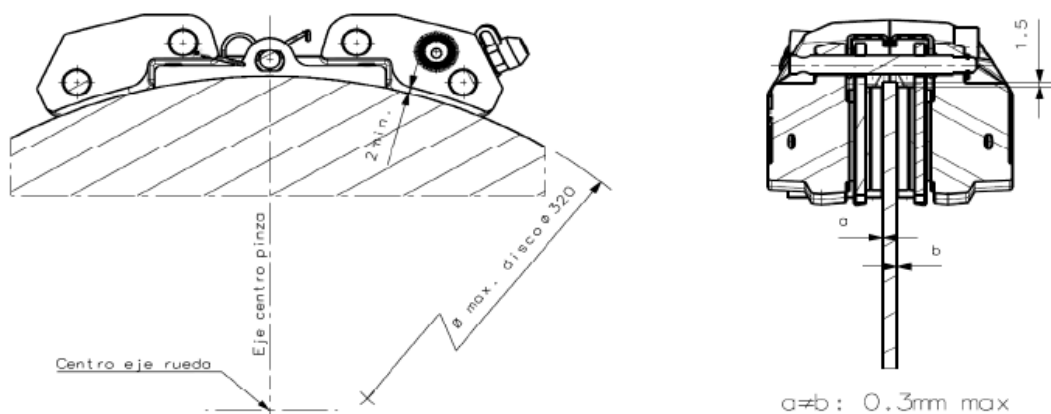
Especificaciones técnicas:

Nº Pistones	4
Diametro	Ø25 mm
Peso	672,8 g
Diametro max. disco	320 mm
Espesor max. del disco	4,5 mm
Pista del disco	34 mm
Superfici pastilla	20 Cm2

Dimensiones Pastillas

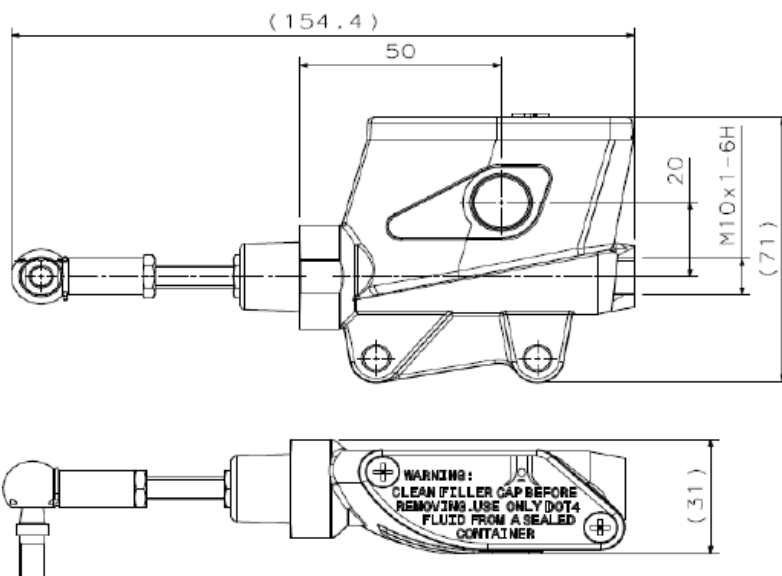
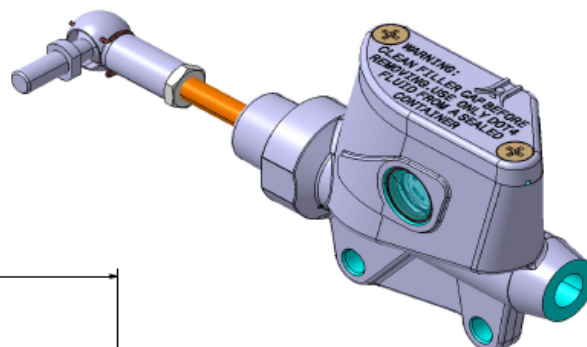


Instrucciones de instalación:



Descripción:

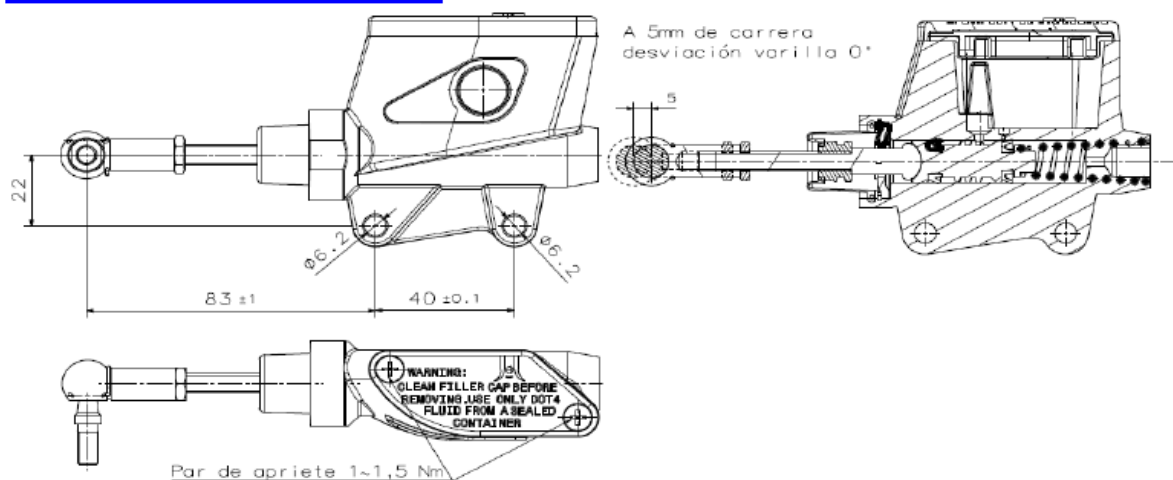
Bomba de pie horizontal. Diametro de piston
 $\varnothing 12,7$ para funcionar con líquido de frenos
 DOT4



Especificaciones técnicas:

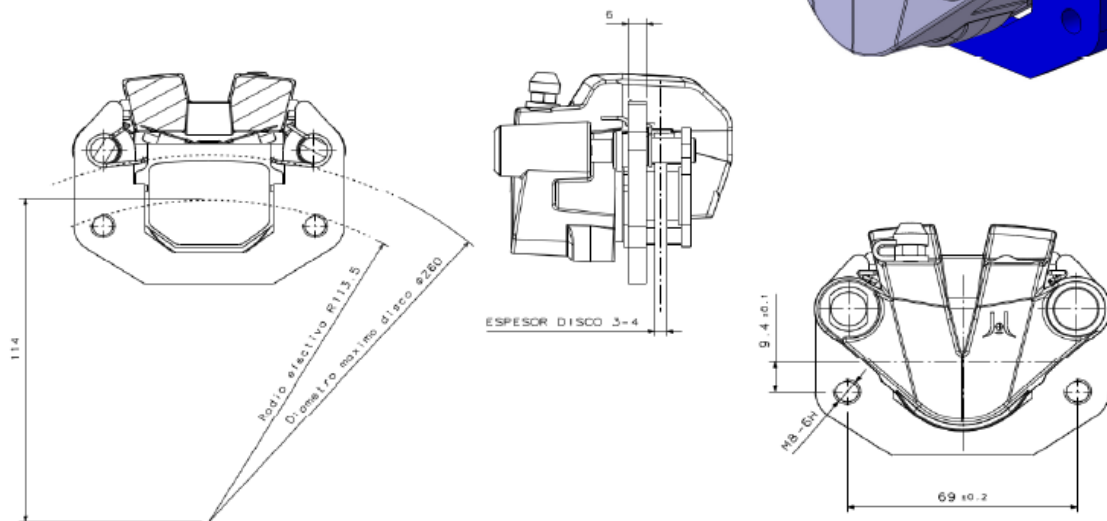
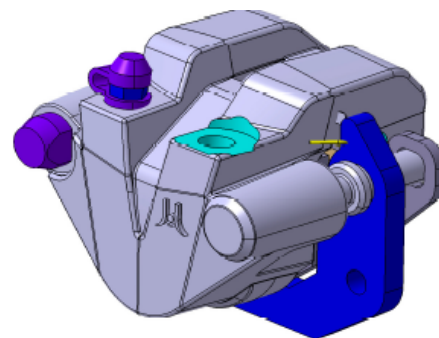
Diametro piston	12,7 mm
Volumen depósito	14,2 Cm2
Carrera nominal	13 mm
Peso	166,3g

Instrucciones de instalación:



Descripción:

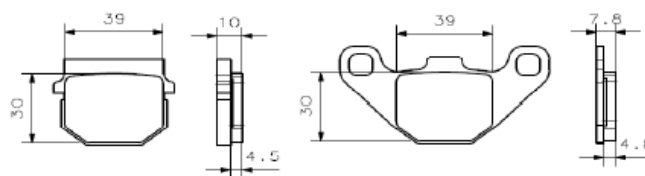
Pinza flotante de 2 pistones. Cuerpo de aleación de aluminio. Pistones de aluminio anodizado duro, para funcionar con líquido de frenos DOT4



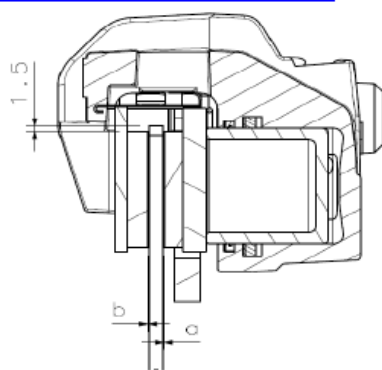
Especificaciones técnicas:

Nº Pistones	2
Diametro	Ø30 mm
Peso	476,5 g
Diametro max. disco	260 mm
Espesor max. del disco	4 mm
Pista del disco	30 mm
Superfici pastilla ext.	11,2 Cm2
Superfici pastilla int.	11,2 Cm2

Dimensiones Pastillas

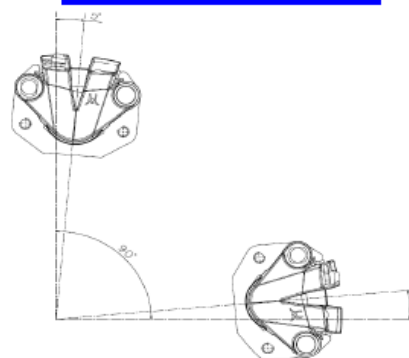


Instrucciones de instalación:



$a \neq b$ 0.3mm max.

Montaje unicamente en
lado derecho.



ANEXO 7: TRABAJO EN TALLERES

SOLICITUD DE REALIZACIÓN DE TRABAJOS A LOS TÉCNICOS DE LABORATORIO

TRABAJO QUE REALIZAR:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Croquis o planos:

.....

Fecha prevista de finalización: Prioridad:

Encargado por el profesor: Fecha:

OBJETIVO DEL TRABAJO:

Material docente: Proyecto fin de carrera: Tesis:
Proyecto de investigación: Otros:
.....

APROBACIÓN

Vº Bº Subdirector del departamento

Fdo: Javier León Iriarte Fecha:

REALIZACIÓN

Inicio del trabajo por el técnico: Fecha:
Aproximadamente, horas dedicadas al trabajo:

RECEPCIÓN DEL TRABAJO REALIZADO

Conformidad del profesor: Fecha:

ANEXO 8: DOCUMENTO “LEARNED LESSONS”

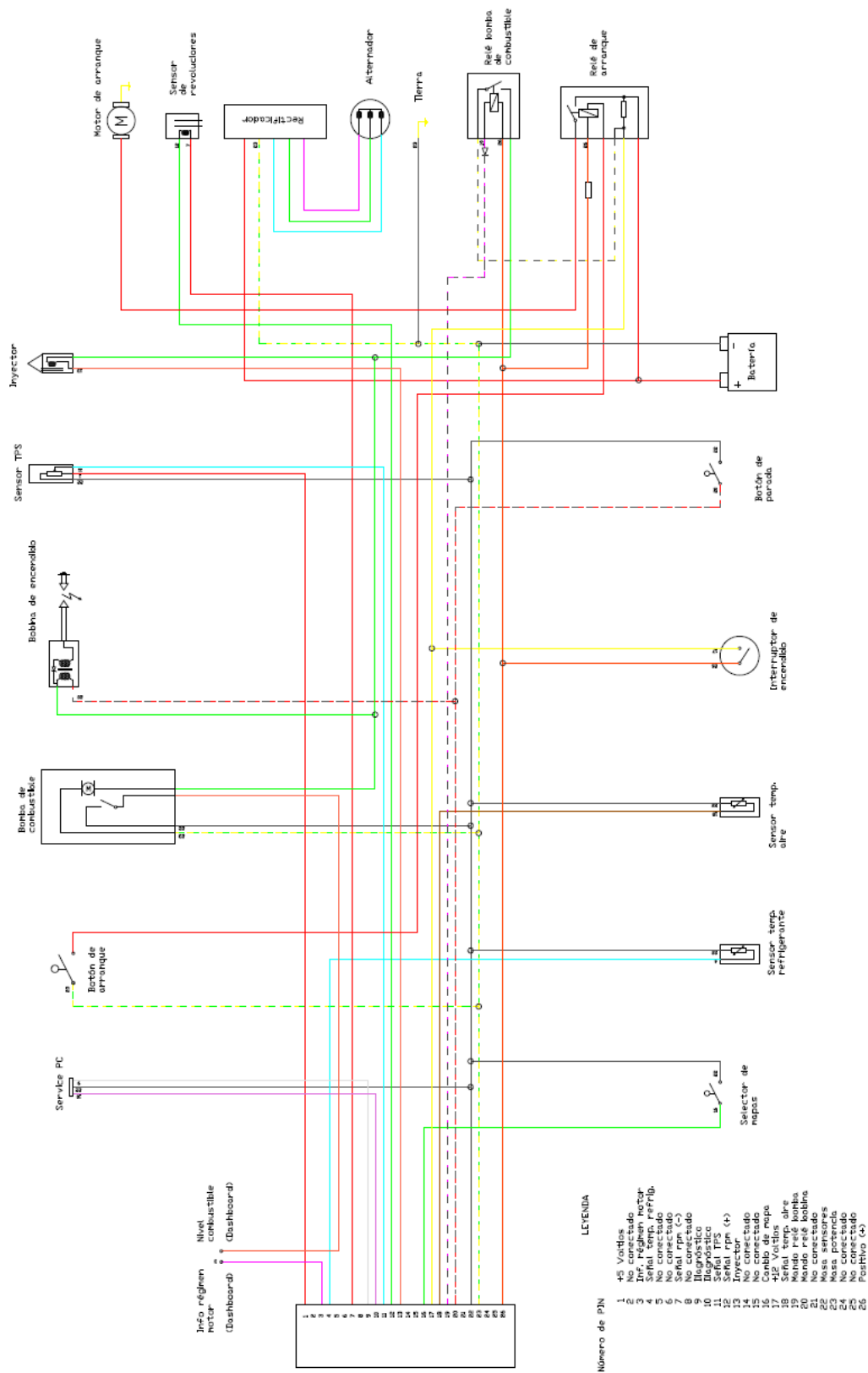
COMPILACIÓN DE ERRORES A TENER EN CUENTA EN PRÓXIMOS PROYECTOS

1. Diseño de caballete trasero. Dificultad de acceso a los centradores de la rueda trasera.
2. Diseño de caballete delantero. Pega en la rueda al quitar el caballete trasero.
3. Los tirantes del motor mejor tubo aplastado en los extremos que soldar orejetas.
4. Se aflojan todos los tornillo por la vibración, mejor usar tuercas autoblocantes y/o echar pegamento.
5. El basculante, al soldarlo se torció y el diseño era demasiado ancho para un motor de 125cc
6. Sistema de amortiguador trasero muy débil , poca sección en ejes , links débiles y primeros casquillos de aluminio (usar acero). Colocar casquillos de teflón centradores.
7. Diseñar la maqueta antes del escape . Tener en cuenta que al tumbar roza en el suelo.
8. No hay hueco para el filtro del aire.¿Posible air-box?.
9. El disco de freno delantero es 4 mm más grande y roza con un muelle hay que mecanizarlo.

10. Tener en cuenta el reenvío de marchas al diseñar el chasis.
11. Al poner la cadena ancha roza en el reenvío y en el embrague.
12. Estriberas deben ir mas separadas del basculante para que al apoyarte no roce con el mismo. Además puentean mucho.
 - 12.1. Enlaces de las estriberas muy grandes y tornillos de sujeción al chasis pequeños (mínimo 6, 8).
13. Por el diseño del depósito de gasolina con la salida de gasolina en un lateral, al tumbar no coge gasolina el motor aun estando el depósito al 40-50%.

Realizado por:
Jon Urzaiz Manero

ANEXO 9: ESQUEMA ELÉCTRICO SHERCO 250i-RACING



ANEXO 10: PROPIEDADES DEL ALUMINIO 6061



ALUMINIO 6061

USOS MÁS FRECUENTES

Componentes de chapa conformada y/o soldada, piezas mecánicas, industria del plástico, camiones, torres, canoas, vagones, muebles, cañerías y otras aplicaciones estructurales donde se requiera soldabilidad y resistencia a la corrosión y mecánica.

COMPOSICIÓN QUÍMICA EN %

%	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Otros	Al
Min	0.40		0.15		0.80	0.04				
Max	0.80	0.70	0.40	0.15	1.20	0.35	0.25	0.15	0.15	Resto

PROPIEDADES FÍSICAS

Densidad [gr/cm ³]	2.7	Coef. De dilatación (0 a 100 °C) [°C ⁻¹ x 10 ⁶]	23.6
Rango de fusión [°C]	575 – 650	Conductividad Térmica (0 a 100 °C) [W/m °C]	Temple T6: 167
Módulo de elasticidad [MPa]	69500	Resistividad a 20 °C [μΩcm]	Temple T6: 4.0
Coefficiente de Poisson	0.33	Calor específico (0 a 100 °C)	940

PROPIEDADES TECNOLÓGICAS

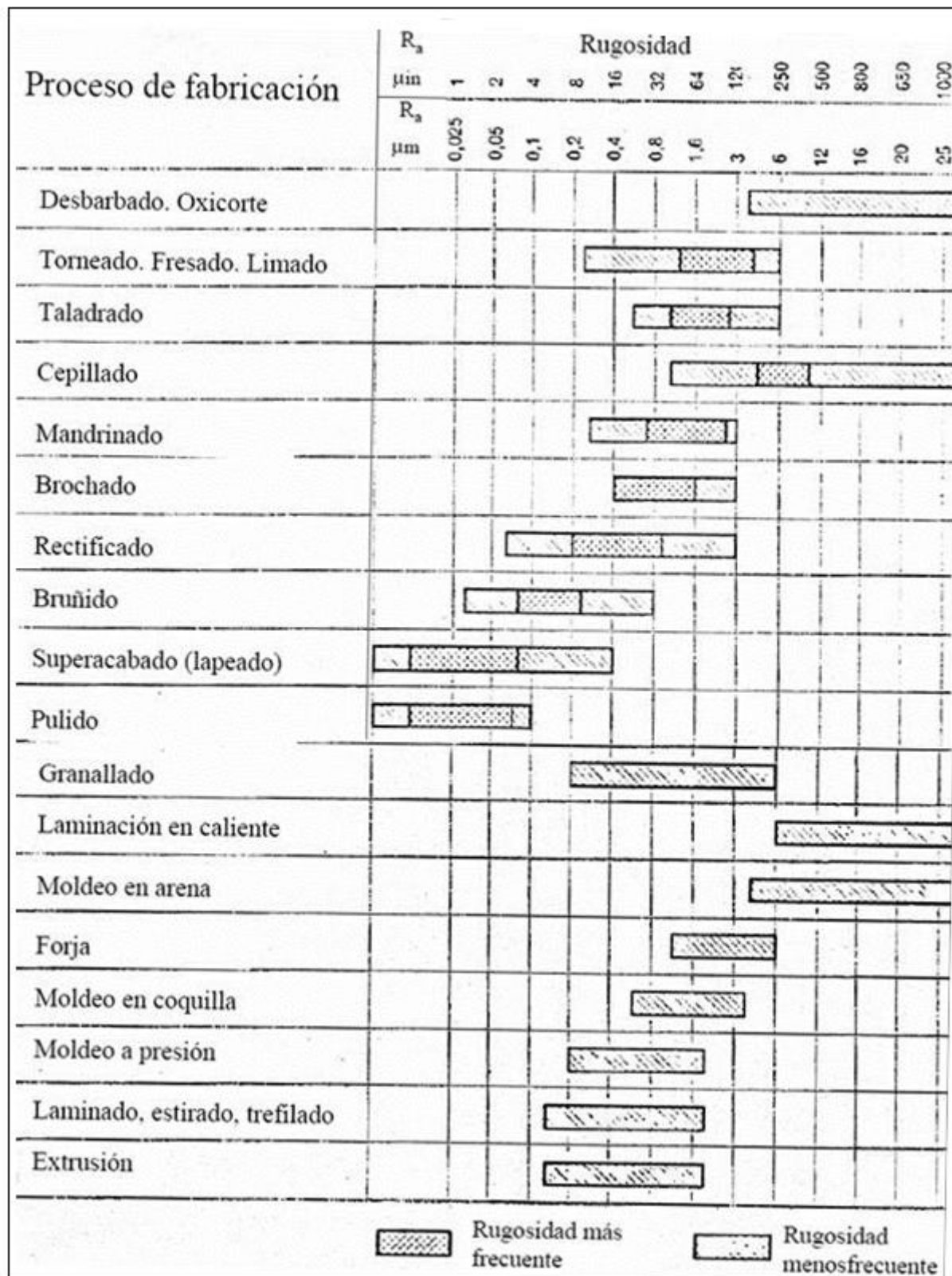
Proceso	Clasificación	Proceso	Clasificación
<u>Soldabilidad:</u>		<u>Maquinabilidad</u> (Temple T6)	
Electrón Beam	A	Corte de viruta	C
Gas Inerte (TIG o MIG)	B	Brillo de sup. mecanizada	A
Por resistencia	B		
Brazing	B		
<u>Embutido Profundo</u>		<u>Resistencia a la corrosión</u>	
Recocido		Agentes atmosféricos	A
Semi duro		Ambiente marino	B
Duro			
<u>Repujado</u>		<u>Anodizado</u>	
Temple 0		Protección	A
		Brillante	C
		Duro	A

Clasificación: (A) Muy buena - (B) Buena - (C) Aceptable - (D) Pobre o No Recomendado

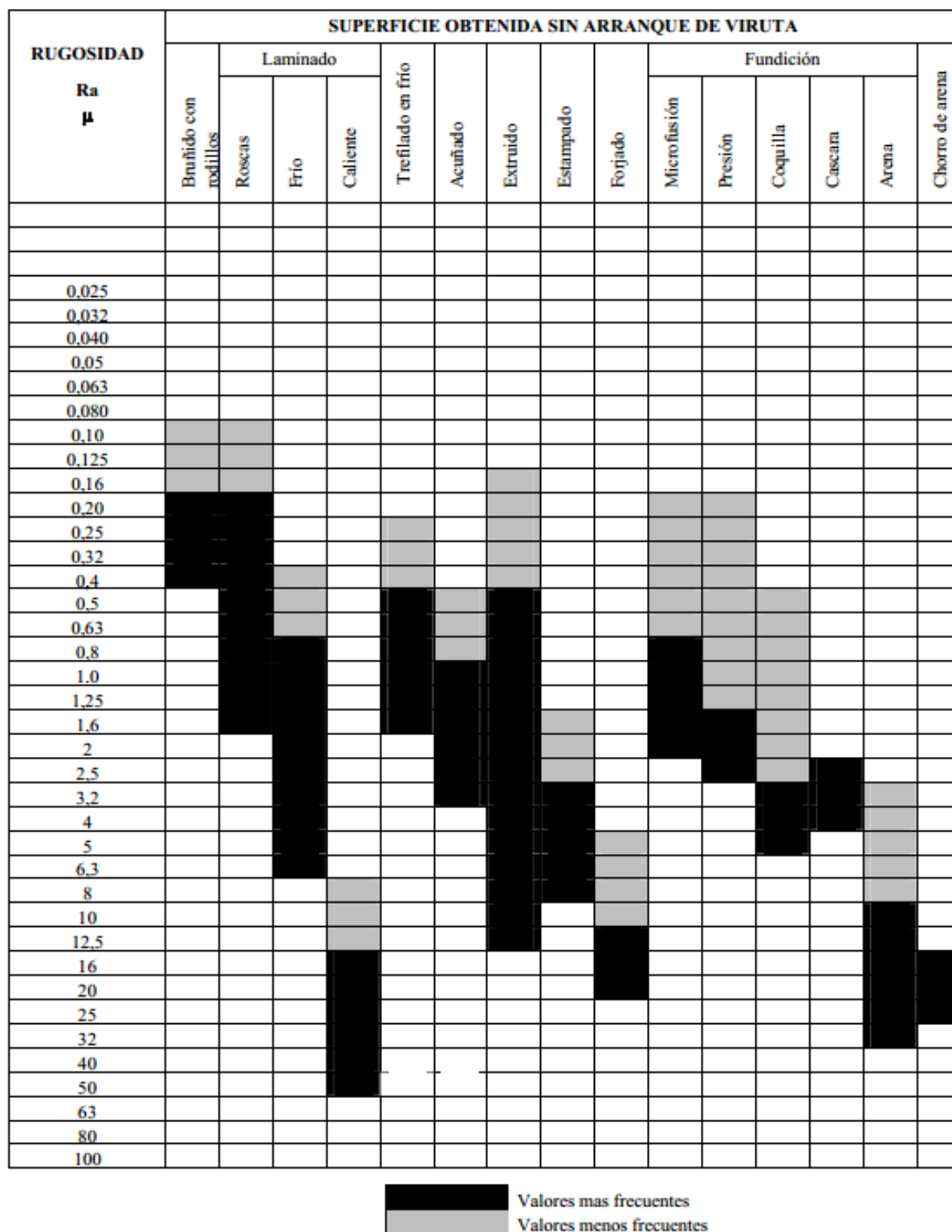
PROPIEDADES MECÁNICAS

Dureza Brinell: 65

ANEXO 11: RELACIÓN DE LA RUGOSIDAD CON EL PROCESO DE FABRICACIÓN



RUGOSIDAD Ra µ	SUPERFICIE OBTENIDA CON ARRANQUE DE VIRUTA																							
	Lapado		Superacabado			Bruído con piedra			Pulido		Mandrinado			Rectificado			Tomeado			Escarinado		Fresado		
						Interior	Cilindrico	Plano			Diamante	Común	Diamante	Diamante	Cilindrico normal	Plano	Diamante	Fino	Basto			Metal duro	Común	Fresa módulo
0,025																								
0,032																								
0,040																								
0,05																								
0,063																								
0,080																								
0,10																								
0,125																								
0,16																								
0,20																								
0,25																								
0,32																								
0,4																								
0,5																								
0,63																								
0,8																								
1,0																								
1,25																								
1,6																								
2																								
2,5																								
3,2																								
4																								
5																								
6,3																								
8																								
10																								
12,5																								
16																								
20																								
25																								
32																								
40																								
50																								
63																								
80																								
100																								



	Clase de Ra	Estado superficial	Procedimiento de fabricación	Aplicaciones
Sin sobremedida para mecanizado y sin arranque de viruta		Basto, sin eliminación de rebabas	Forja Fundición Corte con soplete	Bastidores de máquinas agrícolas (cultivadores, gradas, etc.)
	N12 N11	Basto, aunque sin rebabas	Forja, fundición y oxicorte de calidad	Maquinaria agrícola en general
Con sobremedida para mecanizado y arranque de viruta	N10 N9	Desbastado Marcas apreciables al tacto y visibles	Lima Torno Fresadora	Agujeros, avellanados, superficies no funcionales, ajustes fijos
	N8 N7	Marcas ligeramente perceptibles al tacto, aunque visibles	Lima, torno o fresadora con mayor precisión	Ajustes duros Caras de piezas para referencia o apoyo
	N6 N5	Acabado muy fino Marcas no visibles ni perceptibles al tacto	Preparación previa en torno o fresadora para acabar con rasqueteado, escañado, etc.	Ajustes deslizantes Correderas Aparataje de medida y control
	N4 N3	Acabado finísimo, especular Marcas totalmente invisibles	Acabado final mediante lapeado (acabado con abrasivo), bruñido o rectificado de calidad	Calibres y piezas especiales de precisión
	N2 N1			

PROCESO	ACABADO DE LA SUPERFICIE (μm)		
FUNDICIÓN EN ARENA	POBRE	12-25	N10-N12
LAMINADO EN FRIO	BUENO	1-3	N6-N8
EXTRUSIÓN EN FRIO	BUENO	1-4	N6-N9
TALADRADO	MEDIANO	1.5-6	N7-N9
FRESADO	BUENO	1-6	N7-N9
TORNEADO	BUENO	0.5-6	N6-N9
PULIDO	EXCELENTE	0.1-0.5	N3-N5

Valor de la Rugosidad Ra		
micrómetros m	micropulgadas in	Clase de rugosidad
50	2000	N12
25	1000	N11
12,5	500	N10
6,3	250	N9
3,2	125	N8
1,6	63	N7
0,8	32	N6
0,4	16	N5
0,2	8	N4
0,1	4	N3
0,05	2	N2
0,025	1	N1

ANEXO 12: AMPLITUD DE LA ZONA DE TOLERANCIA

Grado Tolerancia Diámetro (mm.)	CALIDADES μm (1000 $\mu\text{m} = 1 \text{ mm}$)																		Muy alta precisión	Equipos metrología y piezas de gran precisión	Piezas o elementos que han de ajustar	Superficies libres
	IT 01	IT 0	IT 1	IT 2	IT 3	IT 4	IT 5	IT 6	IT 7	IT 8	IT 9	IT 10	IT 11	IT 12	IT 13	IT 14	IT 15	IT 16	IT 17	IT 18		
$d \leq 3$	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600	1000	1400		
$3 < d \leq 6$	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750	1200	1800		
$6 < d \leq 10$	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900	1500	2200		
$10 < d \leq 18$	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100	1800	2700		
$18 < d \leq 30$	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300	2100	3300		
$30 < d \leq 50$	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600	2500	3900		
$50 < d \leq 80$	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900	3000	4600		
$80 < d \leq 120$	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200	3500	5400		
$120 < d \leq 180$	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	4000	6300		
$180 < d \leq 250$	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900	4600	7200		
$250 < d \leq 315$	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200	5200	8100		
$315 < d \leq 400$	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600	5700	8900		
$400 < d \leq 500$	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000	6300	9700		
$500 < d \leq 630$			9	11	16	22	32	44	70	110	175	280	440	700	1100	1750	2800	4400	7000	11000		
$630 < d \leq 800$			10	13	18	25	36	50	80	125	200	320	500	800	1250	2000	3200	5000	8000	12500		
$800 < d \leq 1000$			11	15	21	28	40	56	90	140	230	360	560	900	1400	2300	3300	5600	9000	14000		
$1000 < d \leq 1250$			13	18	24	33	47	66	105	165	260	420	660	1050	1650	2600	4200	6600	10500	16500		
$1250 < d \leq 1600$			15	21	29	39	55	78	125	195	310	500	780	1250	1950	3100	5000	7800	12500	19500		
$1600 < d \leq 2000$			18	25	35	46	65	92	150	230	370	600	920	1500	2300	3700	6000	9200	15000	23000		
$2000 < d \leq 2500$			22	30	41	55	78	110	175	280	440	700	1100	1750	2800	4400	7000	11000	17500	28000		
$2500 < d \leq 3150$			26	36	50	68	96	135	210	330	540	860	1350	2100	3300	5400	8600	13500	21000	33000		

ANEXO 13 DIFERENCIAS FUNDAMENTALES PARA EJES (en micras)

Diferencia fundamental	Desviación superior ds											
Posición	a	b	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	js
Calidad	Todas las calidades											
$d \leq 3$	-270	-140	-60	-34	-20	-14	-10	-6	-4	-2	0	Para la posición js, $d_i = -IT/2$ y $d_s = IT/2$
$3 < d \leq 6$	-270	-140	-70	-46	-30	-20	-14	-10	-6	-4	0	
$6 < d \leq 10$	-280	-150	-80	-56	-40	-25	-18	-13	-8	-5	0	
$10 < d \leq 14$	-290	-150	-95		-50	-32		-16		-6	0	
$14 < d \leq 18$												
$18 < d \leq 24$	-300	-160	-110		-65	-40		-20		-7	0	
$24 < d \leq 30$												
$30 < d \leq 40$	-310	-170	-120		-80	-50		-25		-9	0	
$40 < d \leq 50$	-320	-180	-130									
$50 < d \leq 65$	-340	-190	-140		-100	-60		-30		-10	0	
$65 < d \leq 80$	-360	-200	-150									
$80 < d \leq 100$	-380	-220	-170		-120	-72		-36		-12	0	
$100 < d \leq 120$	-410	-240	-180									
$120 < d \leq 140$	-460	-260	-200		-145	-85		-43		-14	0	
$140 < d \leq 160$	-520	-280	-210									
$160 < d \leq 180$	-580	-310	-230		-170	-100		-50		-15	0	
$180 < d \leq 200$	-660	-340	-240									
$200 < d \leq 225$	-740	-380	-260		-190	-110		-56		-17	0	
$225 < d \leq 250$	-820	-420	-280									
$250 < d \leq 280$	-920	-460	-300		-210	-125		-62		-18	0	
$280 < d \leq 315$	-1050	-540	-330									
$315 < d \leq 355$	-1200	-600	-360		-230	-135		-68		-20	0	
$355 < d \leq 400$	-1350	-680	-400									
$400 < d \leq 450$	1500	-760	-440		-230	-135		-68		-20	0	
$450 < d \leq 500$	1650	-840	-480									

Diferencia fundamental	Desviación inferior di																													
Posición	j			k		m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc											
Calidad	IT5 IT6	IT7	IT8	4≤IT≤7	IT<4 IT>7	Todas las calidades																								
d ≤ 3	-2	-4	-6	0	0	+2	+4	+6	+10	+14		+18		+20		+26	+32	+40	+60											
3 < d ≤ 6	-2	-4		+1	0	+4	+8	+12	+15	+19		+23		+28		+35	+42	+50	+80											
6 < d ≤ 10	-2	-5		+1	0	+6	+10	+15	+19	+23		+28		+34		+42	+52	+67	+97											
10 < d ≤ 14	-3	-6		+1	0	+7	+12	+18	+23	+28		+33		+40		+50	+64	+90	+130											
14 < d ≤ 18													+39	+45		+60	+77	+108	+150											
18 < d ≤ 24	-4	-8		+2	0	+8	+15	+22	+28	+35		+41	+47	+54	+63	+73	+98	+136	+188											
24 < d ≤ 30																				+41	+48	+55	+64	+75	+88	+118	+160	+218		
30 < d ≤ 40	-5	-10		+2	0	+9	+17	+26	+34	+43		+48	+60	+68	+80	+94	+112	+148	+200											
40 < d ≤ 50																				+54	+70	+81	+97	+114	+136	+180	+242	+325		
50 < d ≤ 65	-7	-12		+2	0	+11	+20	+32	+41	+53	+66	+87	+102	+122	+144	+172	+226	+300	+405											
65 < d ≤ 80																				+43	+59	+75	+102	+120	+146	+174	+210	+274	+360	+480
80 < d ≤ 100	-9	-15		+3	0	+13	+23	+37	+51	+71	+91	+124	+146	+178	+214	+258	+335	+445	+585											
100 < d ≤ 120																				+54	+79	+104	+144	+172	+210	+254	+310	+400	+525	+690
120 < d ≤ 140	-11	-18		+3	0	+15	+27	+43	+63	+92	+122	+170	+202	+248	+300	+365	+470	+620	+800											
140 < d ≤ 160																				+65	+100	+134	+190	+228	+280	+340	+415	+535	+700	+900
160 < d ≤ 180																				+68	+108	+146	+210	+252	+310	+380	+465	+600	+780	+1000
180 < d ≤ 200	-13	-21		+4	0	+17	+31	+50	+77	+122	+166	+236	+284	+350	+425	+520	+670	+880	+1150											
200 < d ≤ 225																				+80	+130	+180	+258	+310	+385	+470	+575	+740	+960	+1250
225 < d ≤ 250																				+84	+140	+196	+284	+340	+425	+520	+640	+820	+1050	+1350
250 < d ≤ 280	-16	-26		+4	0	+20	+34	+56	+94	+158	+218	+315	+385	+475	+580	+710	+920	+1200	+1550											
280 < d ≤ 315																				+98	+170	+240	+350	+425	+525	+650	+790	+1000	+1300	+1700
315 < d ≤ 355	-18	-28		+4	0	+21	+37	+62	+108	+190	+268	+390	+475	+590	+730	+900	+1150	+1500	+1900											
355 < d ≤ 400																				+114	+208	+294	+435	+530	+660	+820	+1000	+1300	+1650	+2100
400 < d ≤ 450	-20	-32		+5	0	+23	+40	+68	+126	+232	+330	+490	+595	+740	+920	+1100	+1450	+1850	+2400											
450 < d ≤ 500																				+132	+252	+360	+540	+660	+820	+1000	+1250	+1600	+2100	+2600

ANEXO 14 DIFERENCIAS FUNDAMENTALES PARA AGUJEROS (en micras)

Diferencia fundamental	Desviación inferior Ei											
Posición	A	B	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H	JS
Calidad	Todas las calidades											
$d \leq 3$	270	140	60	34	20	14	10	6	4	2	0	DESVIACIÓN = $\pm(IT_n)/2$, donde n es el valor de IT
$3 < d \leq 6$	270	140	70	46	30	20	14	10	6	4	0	
$6 < d \leq 10$	280	150	80	56	40	25	18	13	8	5	0	
$10 < d \leq 14$	290	150	95		50	32		16		6	0	
$14 < d \leq 18$												
$18 < d \leq 24$	300	160	110		65	40		20		7	0	
$24 < d \leq 30$												
$30 < d \leq 40$	310	170	120		80	50		25		9	0	
$40 < d \leq 50$	320	180	130									
$50 < d \leq 65$	340	190	140		100	60		30		10	0	
$65 < d \leq 80$	360	200	150									
$80 < d \leq 100$	380	220	170		120	72		36		12	0	
$100 < d \leq 120$	410	240	180									
$120 < d \leq 140$	460	260	200		145	85		43		14	0	
$140 < d \leq 160$	520	280	210									
$160 < d \leq 180$	580	310	230		170	100		50		15	0	
$180 < d \leq 200$	660	340	240									
$200 < d \leq 225$	740	380	260		190	110		56		17	0	
$225 < d \leq 250$	820	420	280									
$250 < d \leq 280$	920	480	300		210	125		62		18	0	
$280 < d \leq 315$	1050	540	330									
$315 < d \leq 355$	1200	600	360		230	135		68		20	0	
$355 < d \leq 400$	1350	680	400									
$400 < d \leq 450$	1500	760	440									
$450 < d \leq 500$	1650	840	480									

Diferencia fundamental	Desviación superior																			Es					VALORES DE Δ				
	Desviación superior																			Es					VALORES DE Δ				
	Desviación superior																			Es					VALORES DE Δ				
Posición	J		K		M		N		PaZC	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	ZA	ZB	ZC	Grados de tolerancia							
Calidad	IT6	IT7	IT8	IT≤8	IT>8	IT≤8	IT>8	IT≤8	IT>8	IT≤8												IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8		
d ≤ 3	2	4	6	0	0	-2	-2	-4+Δ	-4	Valores como en los grados de tolerancia superiores a IT7 incrementados en Δ	-6	-10	-14		-18		-20		-26	-32	-40	-60	0	0	0	0	0		
3 < d ≤ 6	5	6	10	-1+Δ		-4+Δ	-4	-8+Δ	0		-12	-15	-19		-23		-28		-35	-42	-50	-80	1	1,5	1	3	4	6	
6 < d ≤ 10	5	8	12	-1+Δ		-6+Δ	-6	-10+Δ	0		-15	-19	-23		-28		-34		-42	-52	-67	-97	1	1,5	2	3	6	7	
10 < d ≤ 14	6	10	15	-1+Δ		-7+Δ	-7	-12+Δ	0		-18	-23	-28		-33		-40		-50	-64	-90	-130	1	2	3	3	7	9	
14 < d ≤ 18																	-39	-45	-60	-77	-108	-150	1	2	3	3	7	9	
18 < d ≤ 24	8	12	20	-2+Δ		-8+Δ	-8	-15+Δ	0		-22	-28	-35		-41	-47	-54	-63	-73	-98	-136	-188	1,5	2	3	4	8	12	
24 < d ≤ 30																													
30 < d ≤ 40	10	14	24	-2+Δ		-9+Δ	-9	-17+Δ	0		-26	-34	-43		-48	-60	-68	-80	-94	-112	-148	-200	-274	1,5	3	4	5	9	14
40 < d ≤ 50																													
50 < d ≤ 65	13	18	28	-2+Δ		-11+Δ	-11	-20+Δ	0		-32	-41	-53		-66	-87	-102	-122	-144	-172	-226	-300	-405	2	3	5	6	11	16
65 < d ≤ 80																													
80 < d ≤ 100	16	22	34	-3+Δ		-13+Δ	-13	-23+Δ	0		-37	-51	-71		-91	-124	-146	-178	-214	-258	-335	-445	-585	2	4	5	7	13	19
100 < d ≤ 120																													
120 < d ≤ 140																													
140 < d ≤ 160		18	26	41	-3+Δ		-15+Δ	-15	-27+Δ		0	-43	-65	-100		-134	-190	-228	-280	-340	-415	-535	-700	-900	3	4	6	7	15
160 < d ≤ 180																													
180 < d ≤ 200																													
200 < d ≤ 225		22	30	47	-4+Δ		-17+Δ	-17	-31+Δ	0	-50	-80	-130		-180	-258	-310	-385	-470	-575	-740	-960	-1250	3	4	6	9	17	26
225 < d ≤ 250																													
250 < d ≤ 280	25	36	55	-4+Δ		-20+Δ	-20	-34+Δ	0	-56	-94	-158		-218	-315	-385	-475	-580	-710	-920	-1200	-1550	4	4	7	9	20	29	
280 < d ≤ 315																													
315 < d ≤ 355	29	39	60	-4+Δ		-21+Δ	-21	-37+Δ	0	-62	-108	-190		-268	-390	-475	-590	-730	-900	-1150	-1500	-1900	4	5	7	11	21	32	
355 < d ≤ 400																													
400 < d ≤ 450	33	43	66	-5+Δ		-23+Δ	-23	-40+Δ	0	-68	-126	-232		-330	-490	-595	-740	-920	-1100	-1450	-1850	-2400	5	5	7	13	23	34	
450 < d ≤ 500																													

ANEXO 15

PLANOS

ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1: Prototipo sin carenado
PLANO 2: Tren delantero
PLANO 3: Tija superior
PLANO 4: Tija inferior
PLANO 5: Elementos de la rueda delantera
PLANO 6: Conjunto bastidor
PLANO 7: Pipa dirección
PLANO 8: Viga de material compuesto
PLANO 9: Sop. lateral superior derecho
PLANO 10: Sop. lateral superior izquierdo
PLANO 11: Soporte trasero derecho
PLANO 12: Soporte trasero izquierdo
PLANO 13: Soporte links
PLANO 14: Soporte del muelle
PLANO 15: Soporte inferior
PLANO 16: U soporte links
PLANO 17: L tirante
PLANO 18: Ejes y casquillos
PLANO 19: Conjunto basculante
PLANO 20: Anclaje con bastidor y rocker
PLANO 21: Viga de fibra de carbono
PLANO 22: Anclaje con neumáticos
PLANO 23: Rocker
PLANO 24: Links
PLANO 25: Tren trasero
PLANO 26: Elementos rueda trasera
PLANO 27: Tensores de cadena
PLANO 28: Soporte de pinza trasera

17. AGRADECIMIENTOS

Con este documento pongo fin a larga etapa de mi vida, así que es el momento de echar la vista a atrás y dar las gracias a todos los que me han acompañado a lo largo de este camino.

En primer lugar, gracias a los integrantes del equipo ETSIT-UPNa Racing y su tutor, por la entrega y dedicación que han puesto en este proyecto.

A todos mis compañeros de clase, por tantos y tantos momentos compartidos, y a los profesores que he ido conociendo, que de todos ellos he aprendido algo, y no sólo conocimientos de ingeniería.

A mi familia, mis padres y mi hermana, que me han soportado y animado en los momentos malos. Una mención especial para mi abuela, que vivió conmigo cada éxito y cada tropiezo, aguantando mi mal humor antes de cada examen, y que por desgracia no me va a ver terminar.

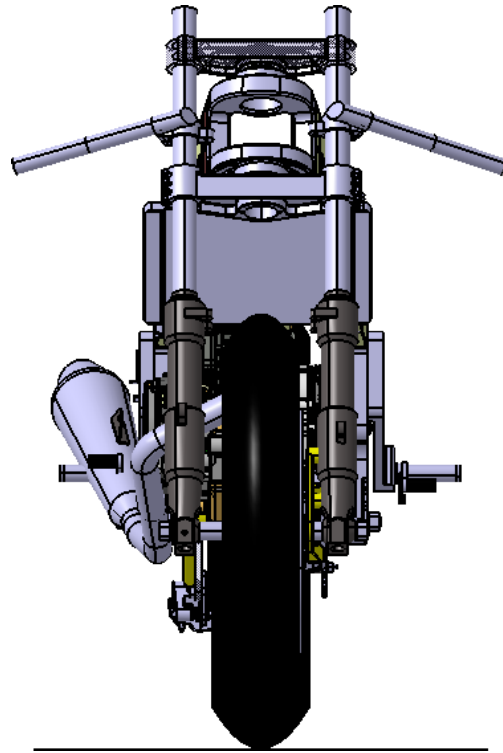
A mis amigos y compañeros de trabajo, por su paciencia, porque ya me están esperando para celebrarlo por todo lo alto.

Por último, mi más sincero agradecimiento a mi tutor Pedro Villanueva Roldán, por apostar por mí cuando más lo necesitaba. Por devolverme la ilusión, sacar lo mejor de mí, enseñarme y apoyarme hasta el último día.

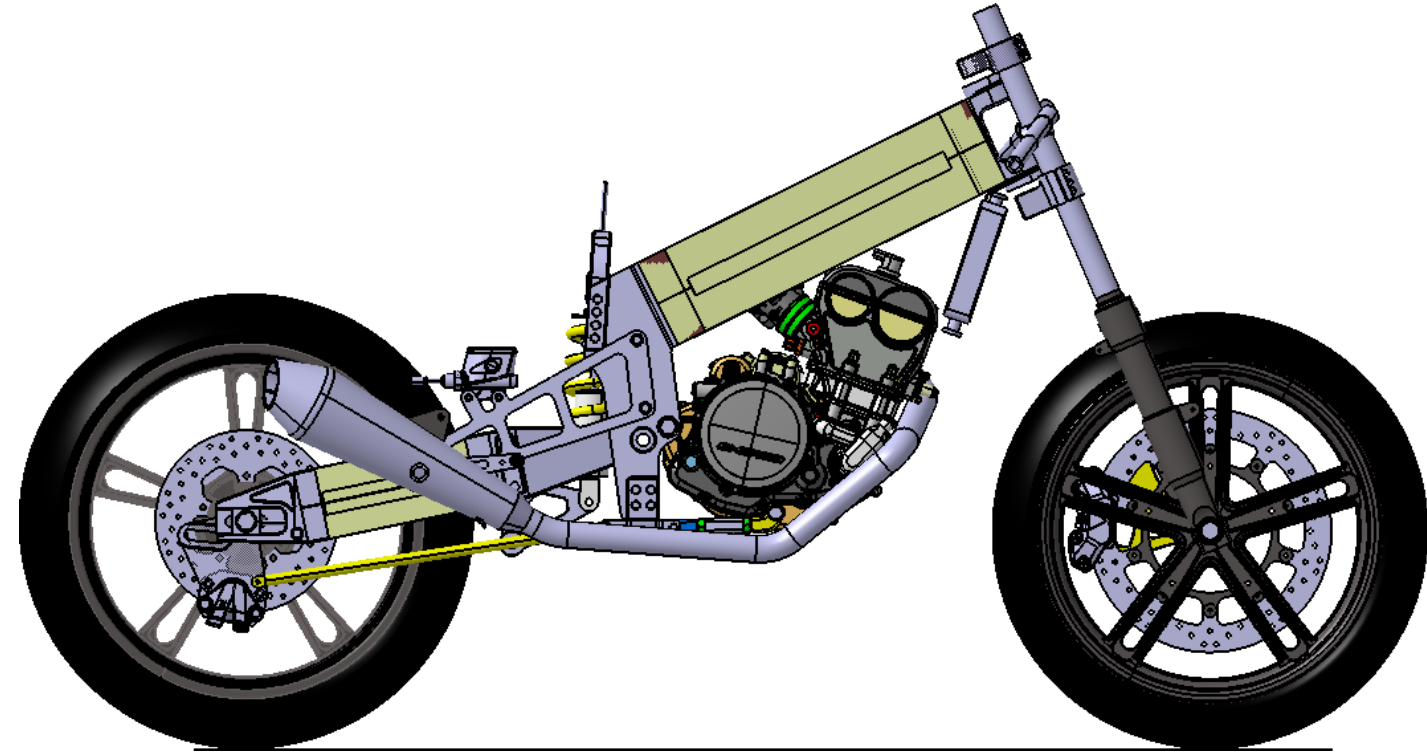
Muchas gracias a todos.

Pamplona, 18 de Febrero de 2015

VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL

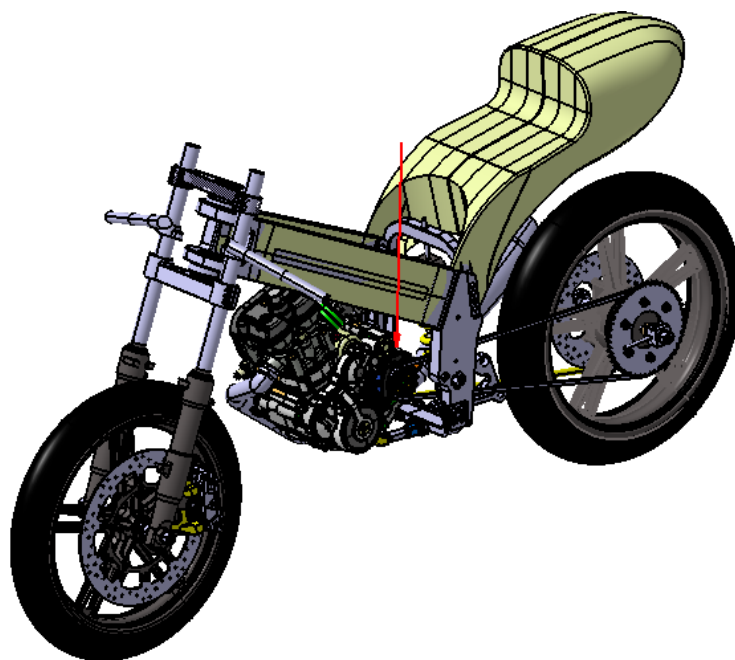


TREN TRASERO

ZONA INTERMEDIA

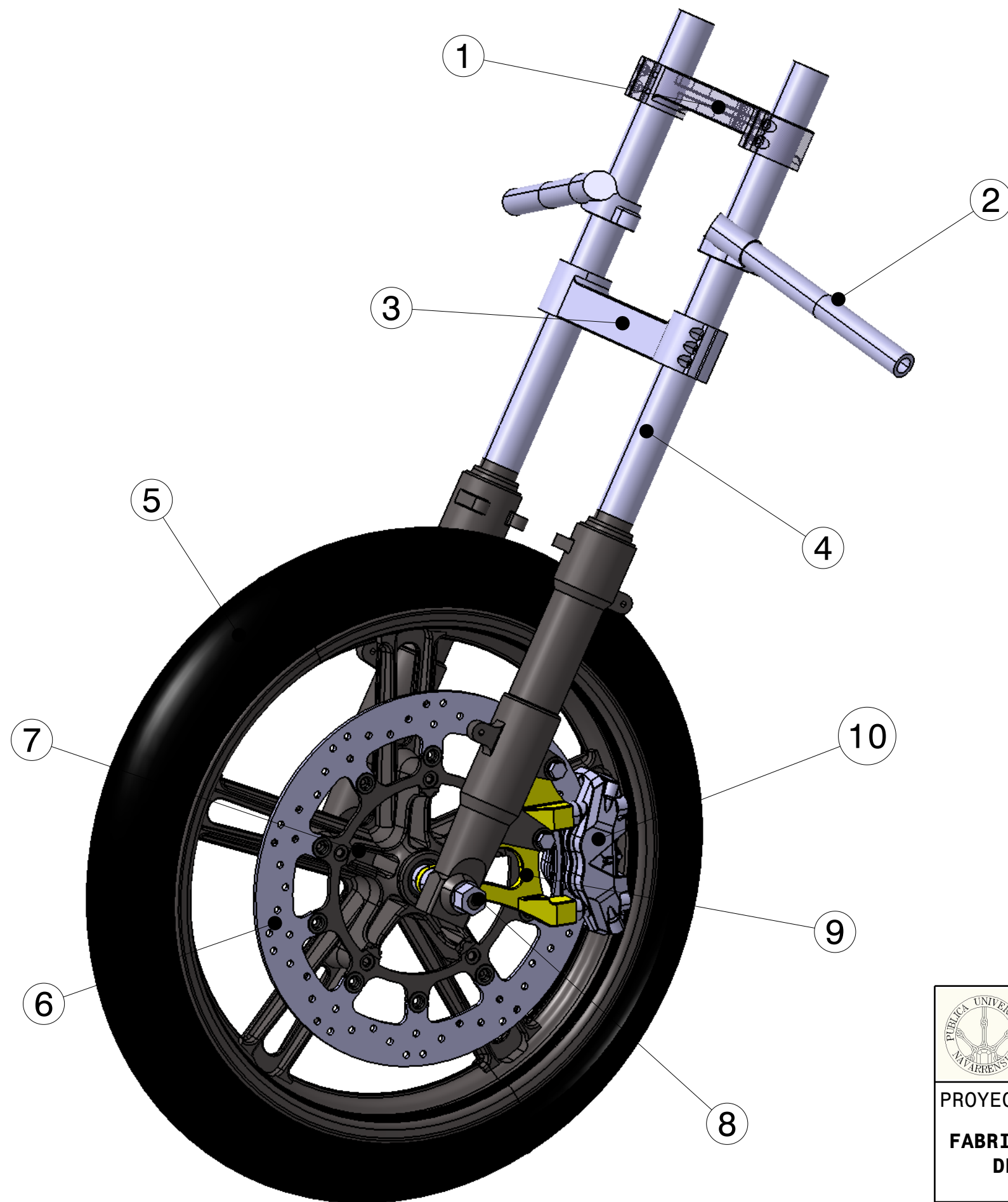
TREN DELANTERO

- BASTIDOR
- BASCULANTE



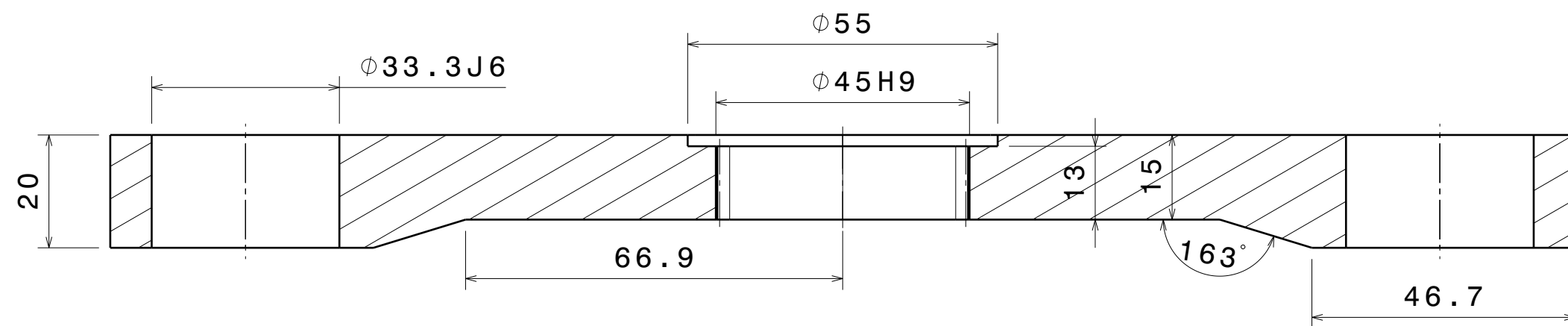
ISOMÉTRICA
ESCALA 1:15

 <div>Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i></div>	E.T.S.I.I.T		DEPARTAMENTO:		
	INGENIERÍA INDUSTRIAL		PROYECTOS E INGENIERÍA RURAL		
PROYECTO: FABRICACIÓN DE UN PROTOTITO DE MOTOCICLETA DE COMPETICIÓN DE CATEGORÍA MOT03			REALIZADO: Amaya Azcona Gimeno		
			FIRMA:		
PLANO: PROTOTIPO SIN CARENADO			FECHA: 13/02/15	ESCALA: 1:10	Nº PLANO: 1



Nº	PIEZA	NOMBRE PIEZA	CANT.
1		Tija superior	1
2		Manillar	2
3		Tija inferior	1
4		Horquilla	2
5		Neumático	1
6		Disco de freno	1
7		Llanta	1
8		Eje rueda	1
9		Soporte pinza	1
10		Pinza de freno	1

 Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako</i> <i>Unibertsitate Publikoa</i>	E.T.S.I.I.T	DEPARTAMENTO:		
	INGENIERÍA INDUSTRIAL	PROYECTOS E INGENIERÍA RURAL		
PROYECTO:		REALIZADO:		
FABRICACIÓN DE UN PROTOTITO DE MOTOCICLETA DE COMPETICIÓN DE CATEGORÍA MOTO3		Amaya Azcona Gimeno		
PLANO:		FIRMA:		
TREN DELANTERO		FECHA:	ESCALA:	Nº PLANO:
		13/02/15	1:4	2



Technical drawing of a mechanical part, likely a bracket or arm, showing three circular features (holes) and various dimensions.

Dimensions:

- Overall width: 101
- Overall height: 32
- Radius of the central hole: R30
- Radius of the side holes: R24
- Thickness of the central hole: 4
- Thickness of the side holes: 2
- Distance from the left edge to the center of the left hole: 8
- Distance from the right edge to the center of the right hole: 22
- Angle between the centerlines of the side holes: 144.8°

Feature Control Frames:

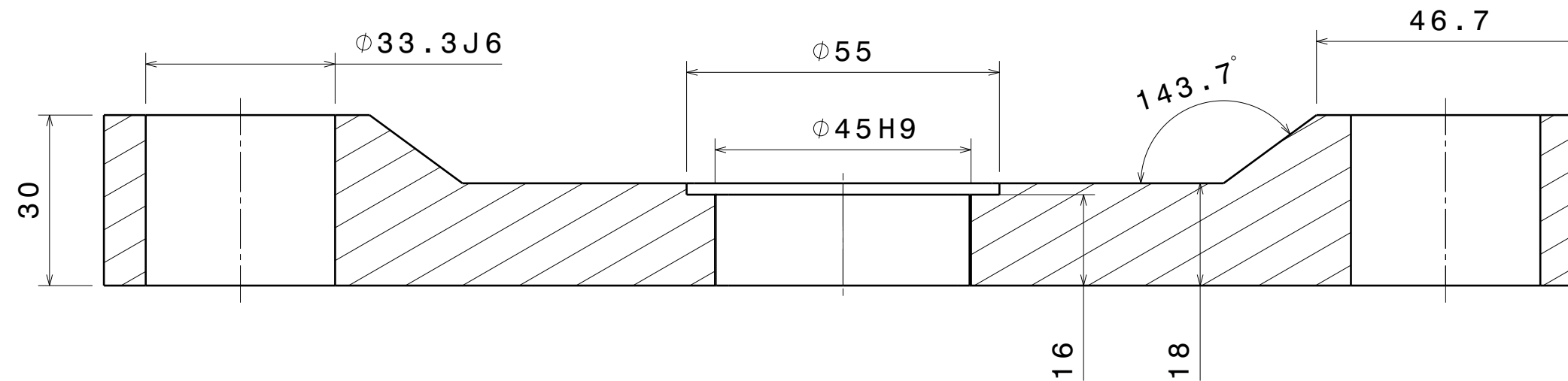
- Left hole: $\begin{matrix} \text{(-101, -32)} \\ \oplus \\ 0.01 \\ C \end{matrix}$
- Right hole: $\begin{matrix} \oplus \\ 0.1 \\ C \end{matrix}$
- Central hole: $\begin{matrix} C \end{matrix}$

Datum Labels:

- A: Datum A is the vertical centerline of the part.
- B: Datum B is the horizontal centerline of the side holes.
- C: Datum C is the vertical centerline of the central hole.

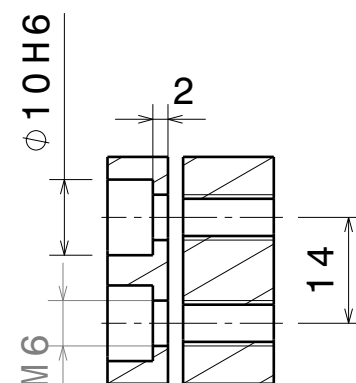
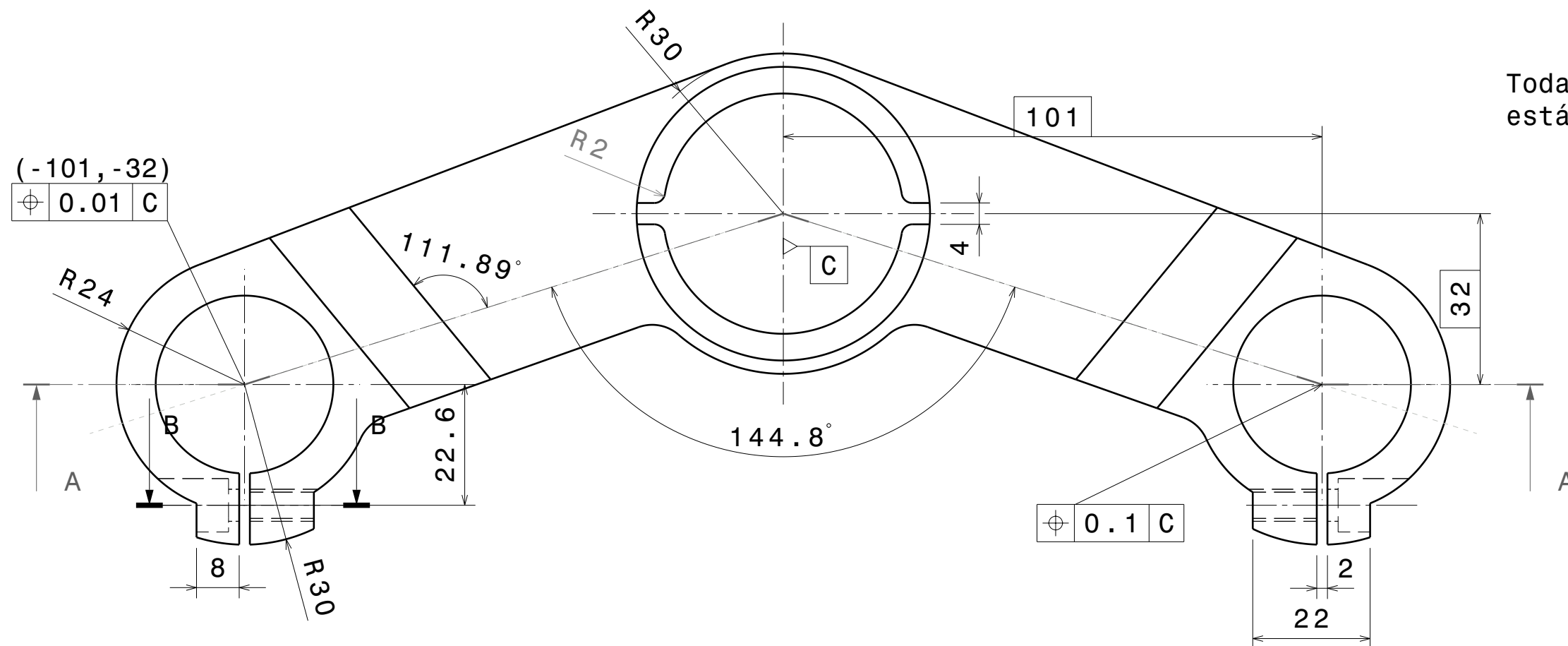
 Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako</i> <i>Unibertsitate Publikoa</i>	E.T.S.I.I.T		DEPARTAMENTO:		
	INGENIERÍA INDUSTRIAL		PROYECTOS E INGENIERÍA RURAL		
PROYECTO: FABRICACIÓN DE UN PROTOTITO DE MOTOCICLETA DE COMPETICIÓN DE CATEGORÍA MOT03			REALIZADO:		
			Amaya Azcona Gimeno FIRMA:		
PLANO: TIJA SUPERIOR			FECHA:	ESCALA:	Nº PLANO:
			13/02/15	1:1	3

N7




SECCIÓN A-A

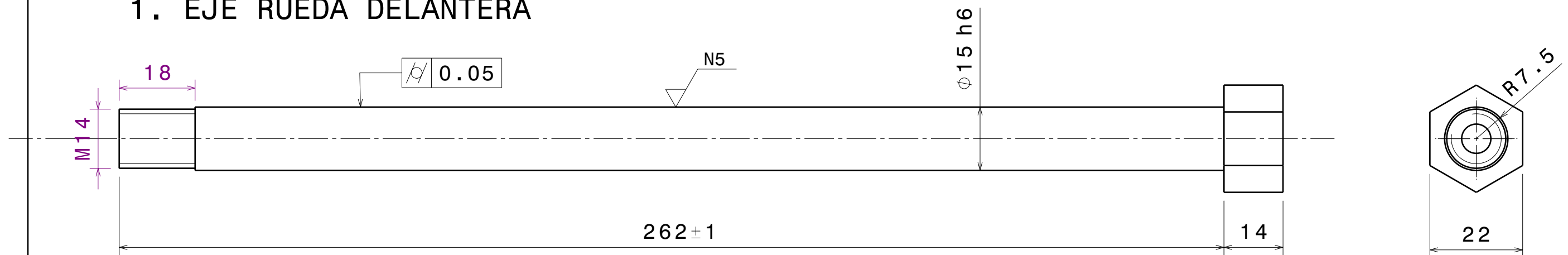
Todas las cotas están en mm



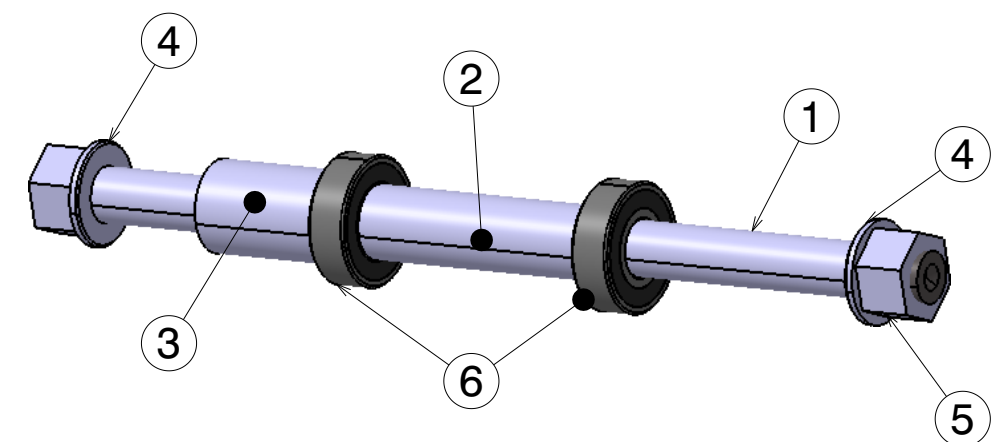
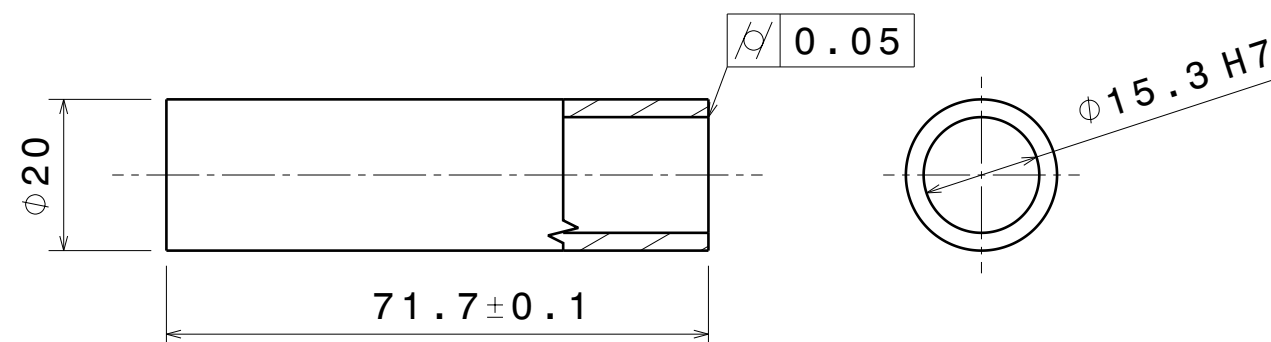
SECCIÓN B-B

	Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i>	E.T.S.I.I.T	DEPARTAMENTO:		
		INGENIERÍA INDUSTRIAL	PROYECTOS E INGENIERÍA RURAL		
PROYECTO: FABRICACIÓN DE UN PROTOTITO DE MOTOCICLETA DE COMPETICIÓN DE CATEGORÍA MOTO3			REALIZADO: Amaya Azcona Gimeno		
			FIRMA:		
PLANO: TIJA INFERIOR			FECHA:	ESCALA:	Nº PLANO:
			13/02/15	1:1	4

1. EJE RUEDA DELANTERA

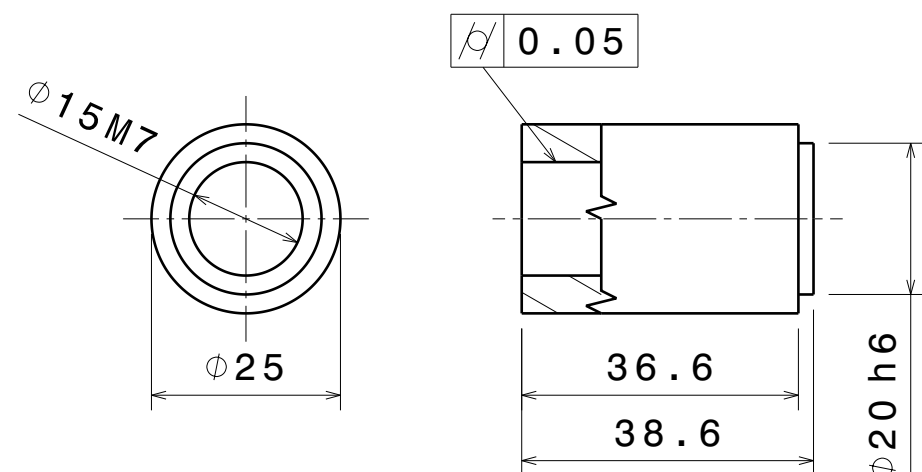


2. SEPARADOR RUEDA DELANTERA



Isometric view
Scale: 1:2

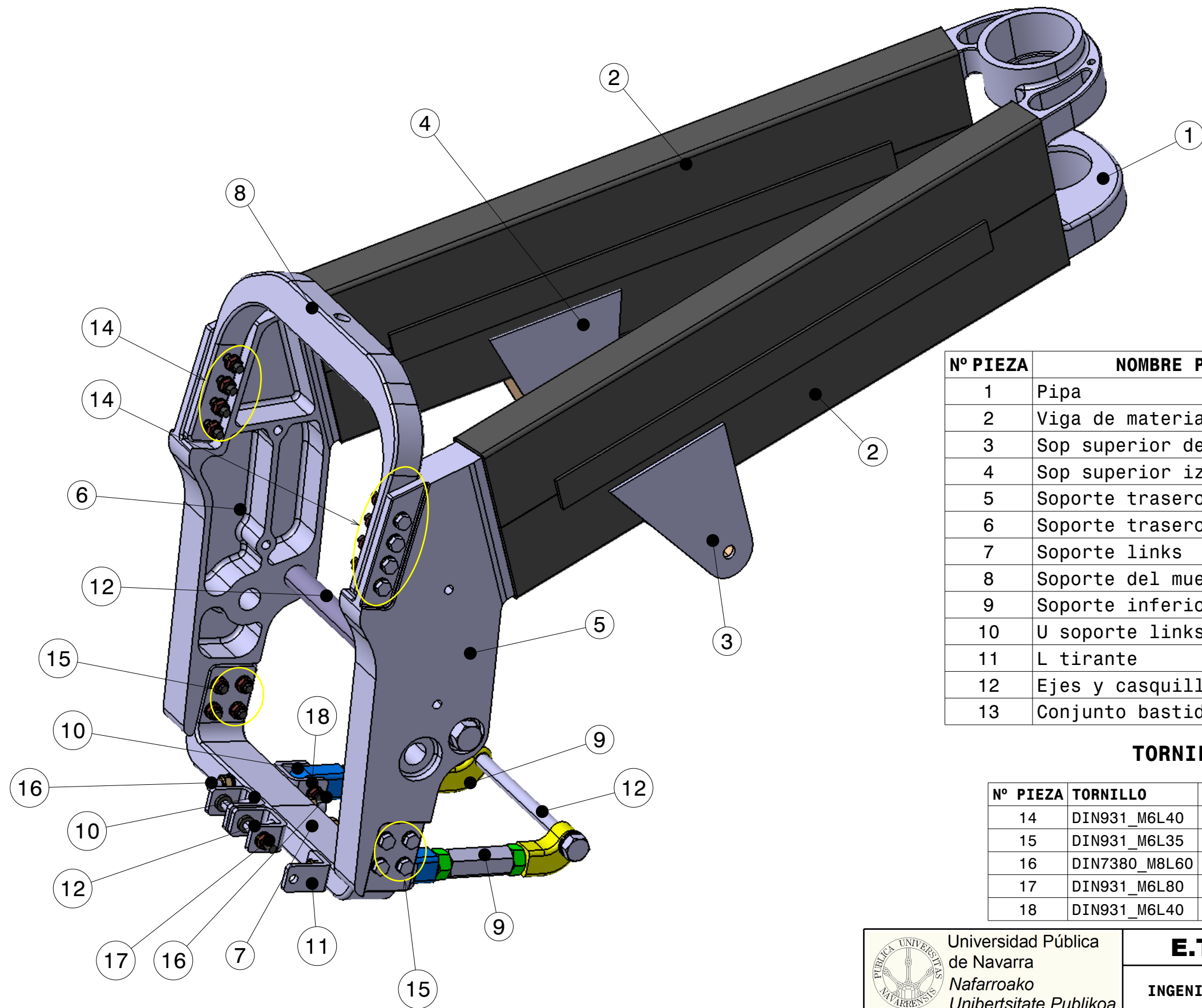
3. CASQUILLO RUEDA DELANTERA



Todas las cotas
están en mm

Nº	NOMBRE	CANT.
4	Arandela DIN125 M14	2
5	Tuerca DIN985 M14	1
6	Rodamiento 6202 2RSR	2

 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T	DEPARTAMENTO:		
	INGENIERÍA INDUSTRIAL	PROYECTOS E INGENIERÍA RURAL		
PROYECTO:		REALIZADO:		
FABRICACIÓN DE UN PROTOTITO DE MOTOCICLETA DE COMPETICIÓN DE CATEGORÍA MOTO3		Amaya Azcona Gimeno		
PLANO:		FIRMA:		
ELEMENTOS RUEDA DELANTERA		FECHA:	ESCALA:	Nº PLANO:
		13/02/15	1:1	5



Nº PIEZA	NOMBRE PIEZA	CANT.	MATERIAL
1	Pipa	1	Aluminio 6061T6
2	Viga de material compuesto	2	Fibra de carbono
3	Sop superior derecho	1	En plano
4	Sop superior izquierdo	1	En plano
5	Soporte trasero derecho	1	Aluminio 6061T6
6	Soporte trasero izquierdo	1	Aluminio 6061T6
7	Soporte links	1	Aluminio 6061T6
8	Soporte del muelle	1	Aluminio 6061T6
9	Soporte inferior	2	En plano
10	U soporte links	4	Acero S275 JOH
11	L tirante	1	Acero S275 JOH
12	Ejes y casquillos	-	Acero S275 JOH
13	Conjunto bastidor	-	

TORNILLERIA SOPORTES

Nº PIEZA	TORNILLO	CANT	TUERCA	CANT	ARANDELA	CANT
14	DIN931_M6L40	8	DIN985_M6	8	DIN125A_M6	16
15	DIN931_M6L35	8	DIN985_M6	8	DIN125A_M6	16
16	DIN7380_M8L60	4	DIN985_M8	4	DIN125A_M8	4
17	DIN931_M6L80	1	DIN985_M6	1	DIN125A_M6	2
18	DIN931_M6L40	1	DIN985_M6	1	DIN125A_M6	4

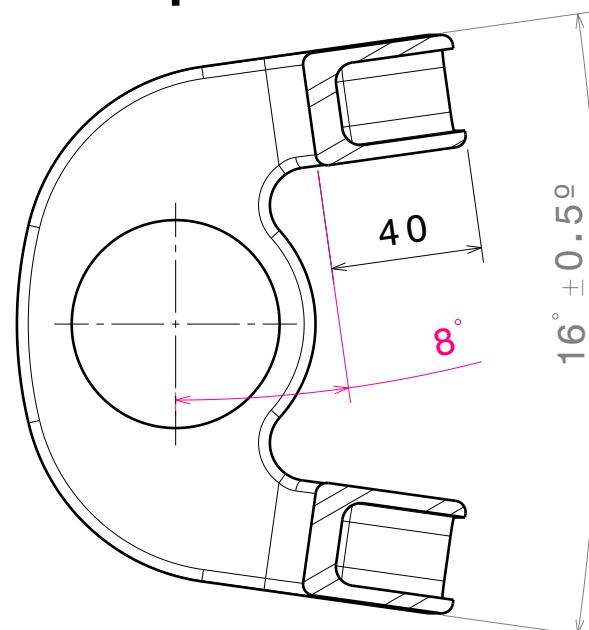
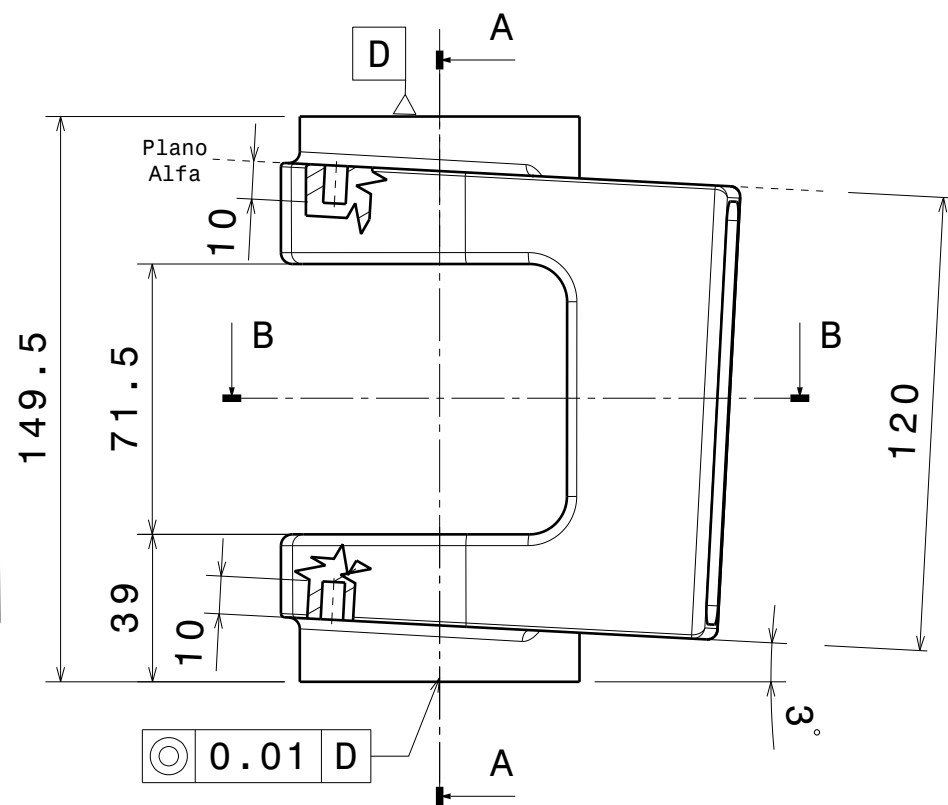
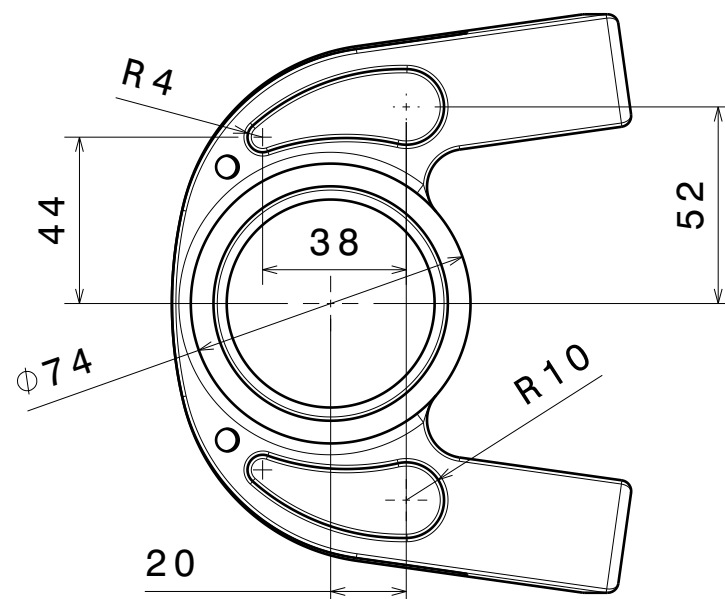
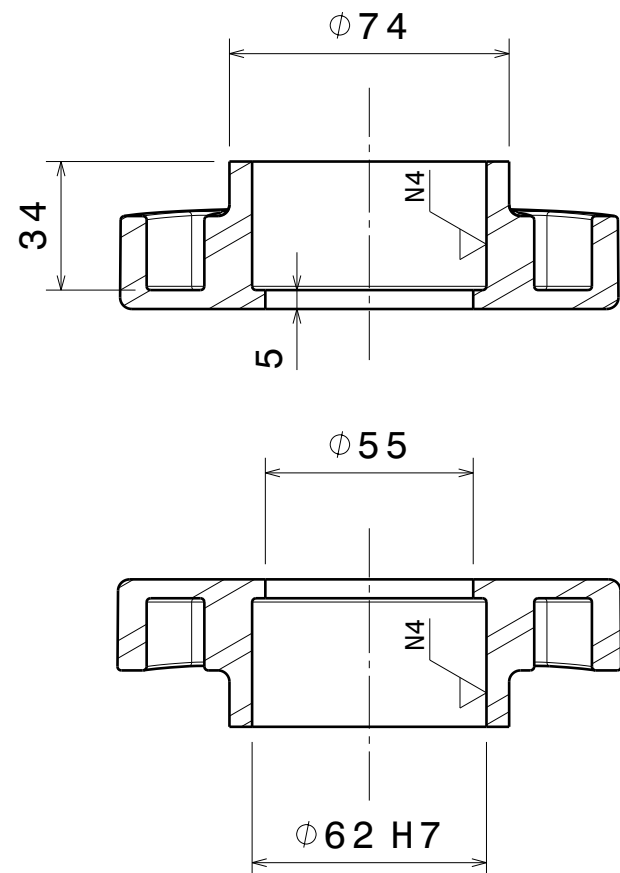
	Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T	DEPARTAMENTO:		
		INGENIERÍA INDUSTRIAL	PROYECTOS E INGENIERÍA RURAL		
PROYECTO:		REALIZADO:			
FABRICACIÓN DE UN PROTOTITO DE MOTOCICLETA DE COMPETICIÓN DE CATEGORÍA MOTO3		Amaya Azcona Gimeno			
PLANO:		FIRMA:			
CONJUNTO BASTIDOR		FECHA:	ESCALA:	Nº PLANO:	
		13/02/15	1:3	6	

N7

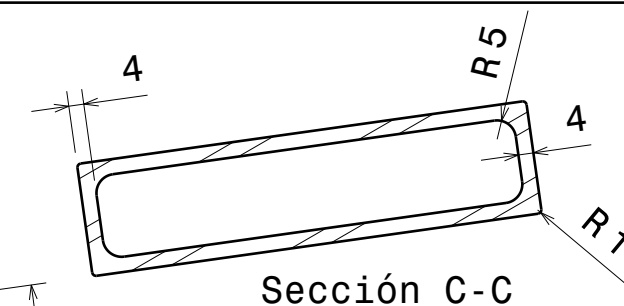
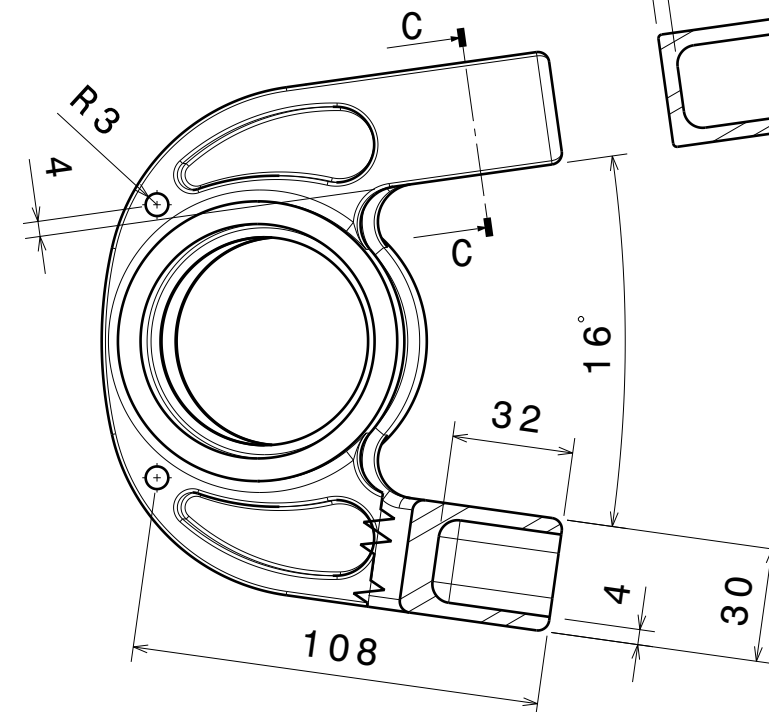
N10

Zona de pegado-LIJADO

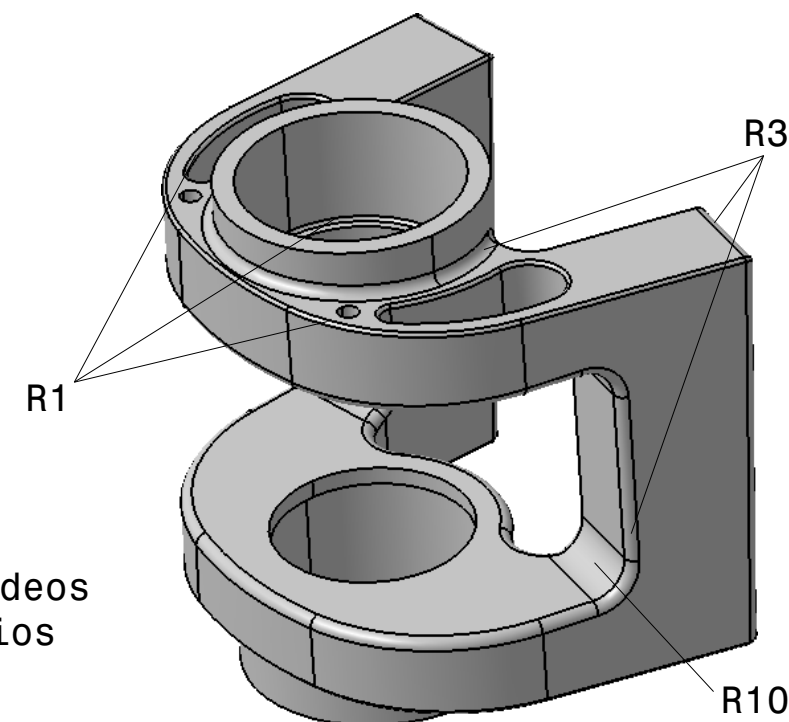
Sección A-A



Vista superior en el Plano Alfa



Sección C-C

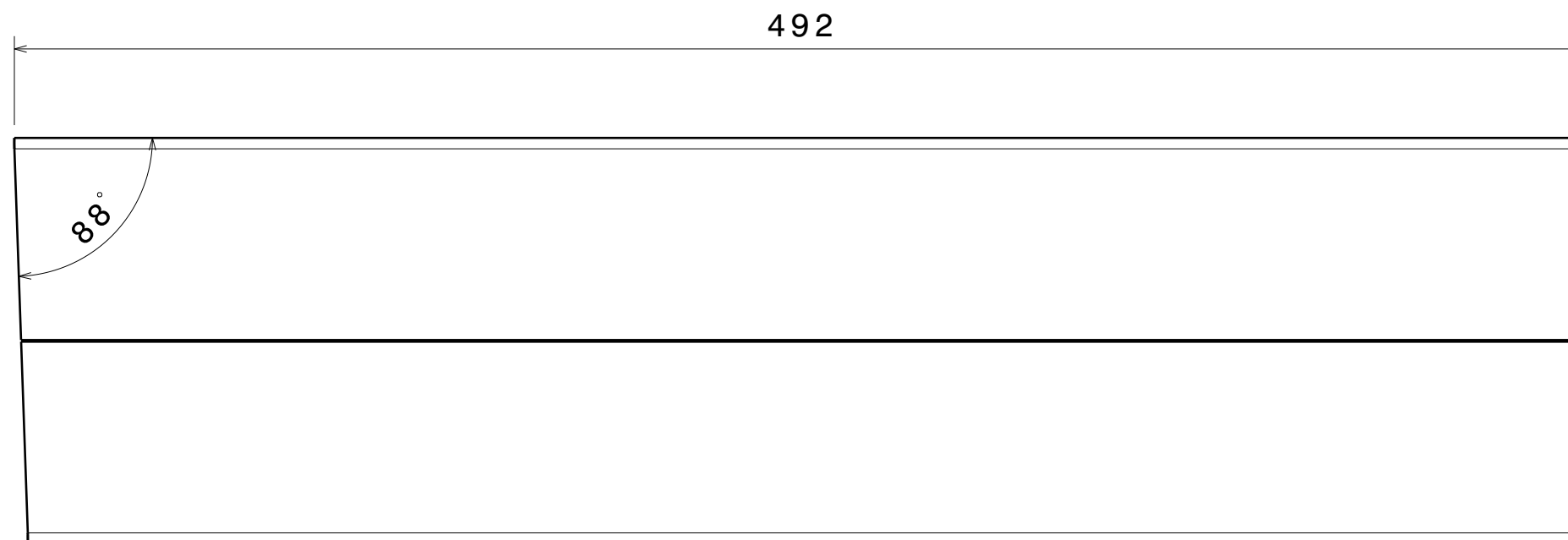


Redondeos Varios

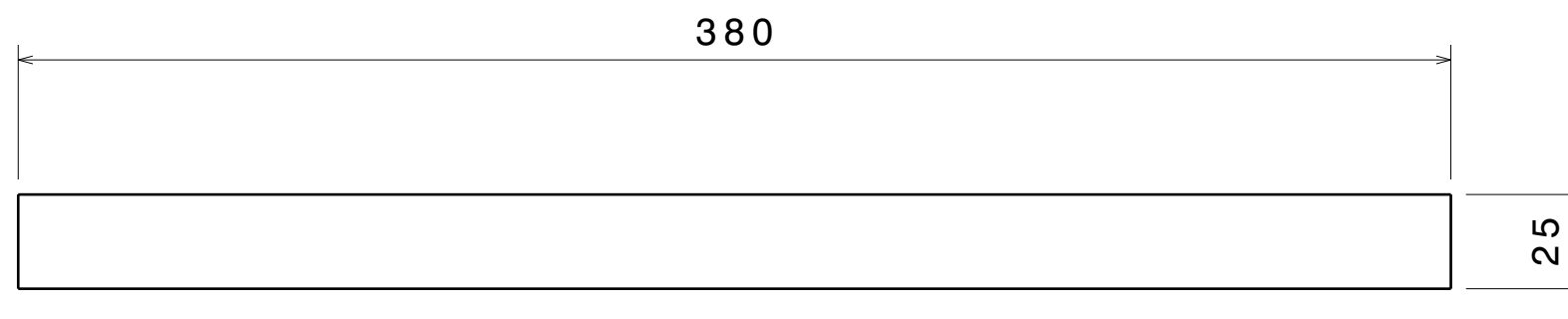
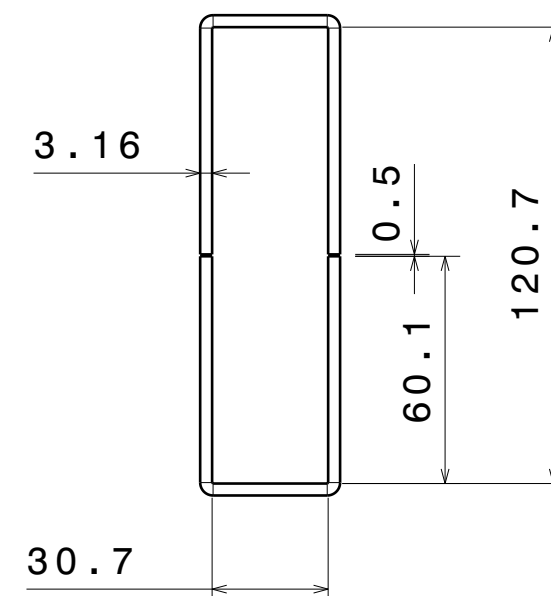
Todas las cotas están mm

Sección B-B

 <div>Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i></div>	E.T.S.I.I.T		DEPARTAMENTO:		
	INGENIERÍA INDUSTRIAL		PROYECTOS E INGENIERÍA RURAL		
PROYECTO: FABRICACIÓN DE UN PROTOTITO DE MOTOCICLETA DE COMPETICIÓN DE CATEGORÍA MOTO3		REALIZADO: Amaya Azcona Gimeno			
		FIRMA:			
PLANO: PIPA DIRECCIÓN		FECHA: 13/02/15	ESCALA: 1:2	Nº PLANO 7	



VIGA

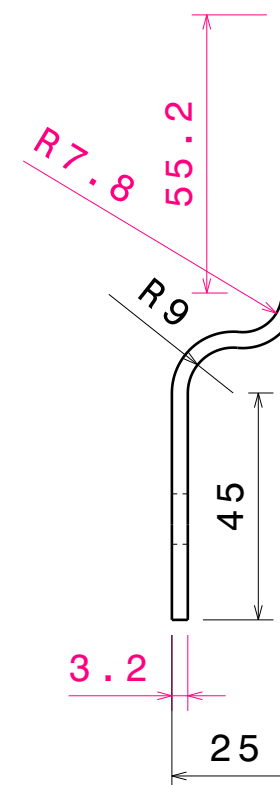
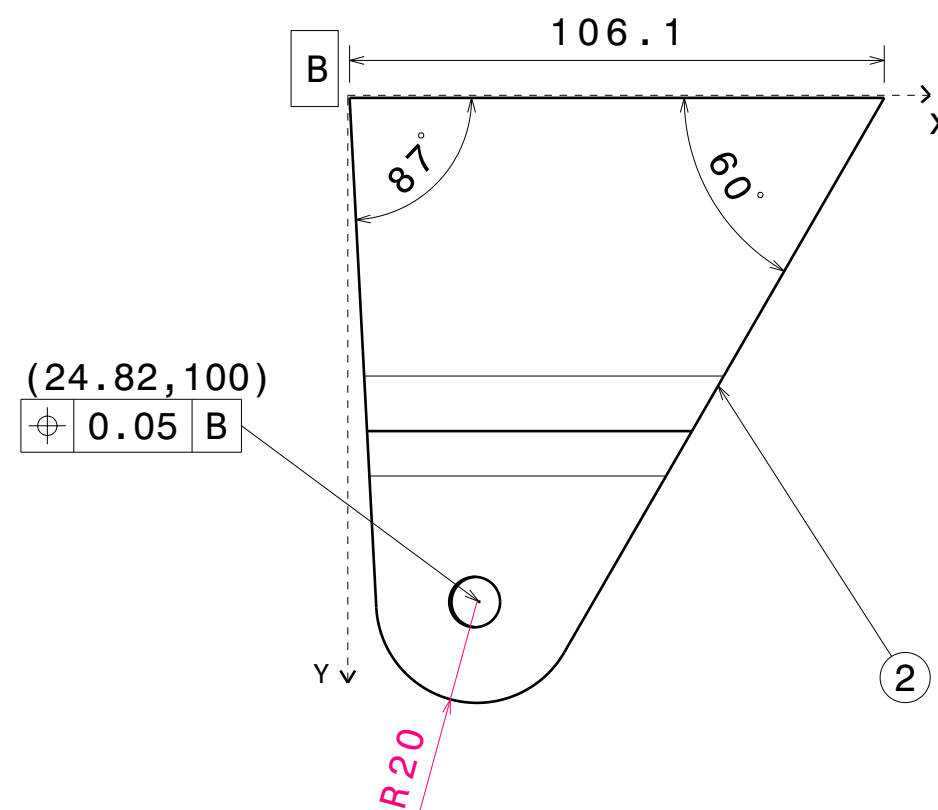
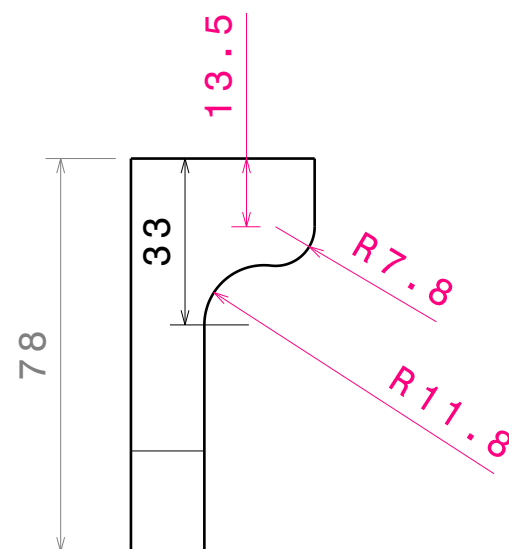
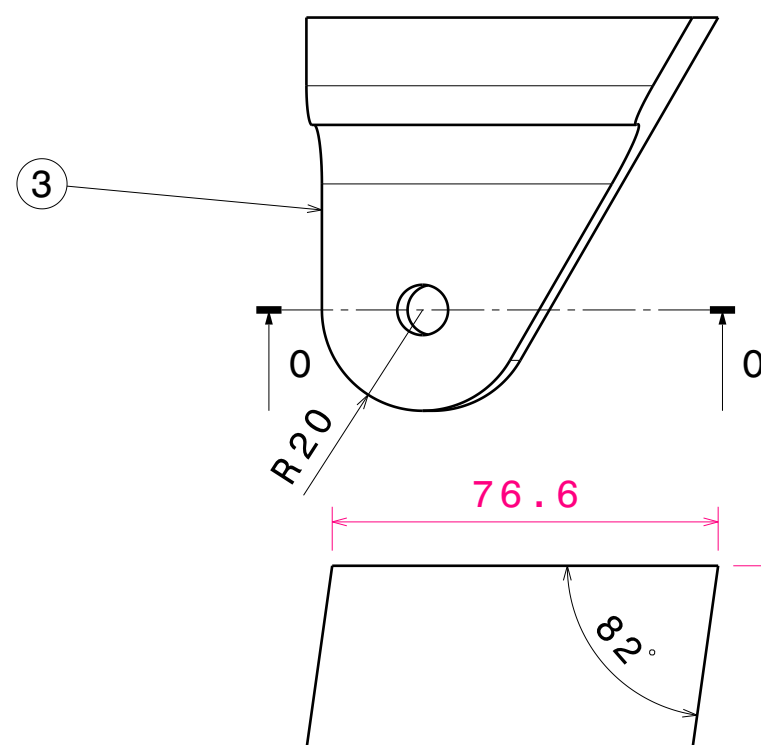
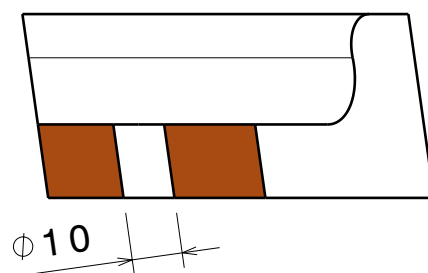
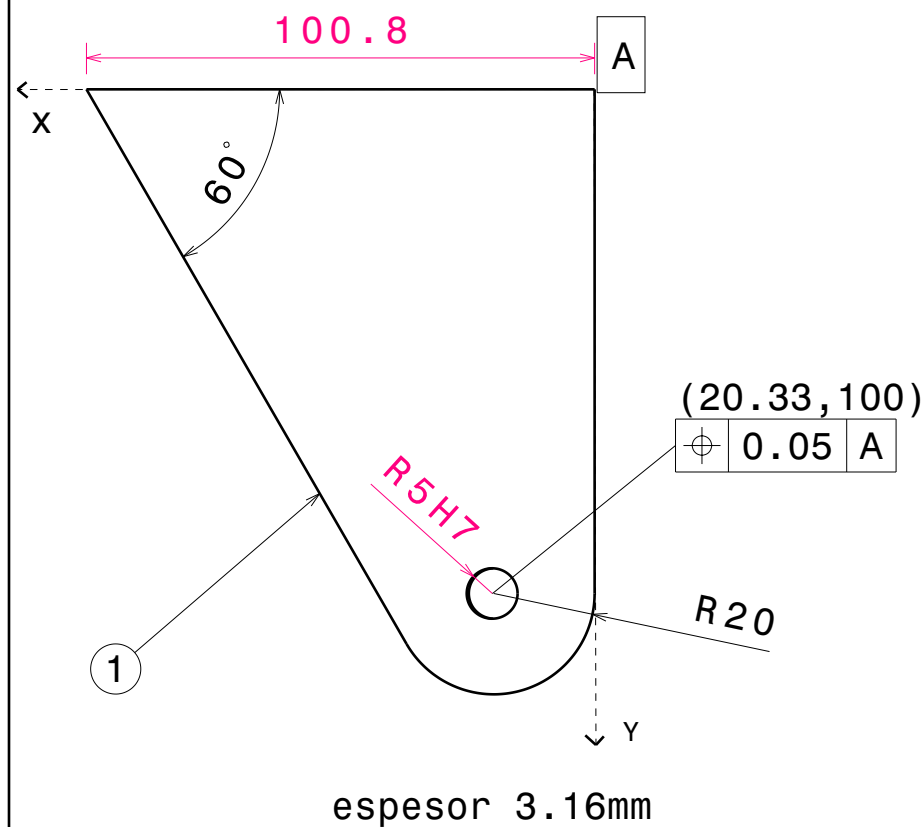


VENDA

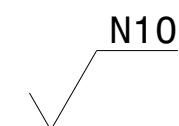

N10
 Zona pegado-
 LIJADO

Todas las cotas
están en mm

 Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako</i> <i>Unibertsitate Publikoa</i>	E.T.S.I.I.T	DEPARTAMENTO:		
	INGENIERÍA INDUSTRIAL	PROYECTOS E INGENIERÍA RURAL		
PROYECTO:		REALIZADO:		
FABRICACIÓN DE UN PROTOTITO DE MOTOCICLETA DE COMPETICIÓN DE CATEGORÍA MOT03		Amaya Azcona Gimeno		
PLANO:		FIRMA:		
VIGA DE MATERIAL COMPUESTO		FECHA:	ESCALA:	Nº PLANO:
		13/02/15	1:2	8



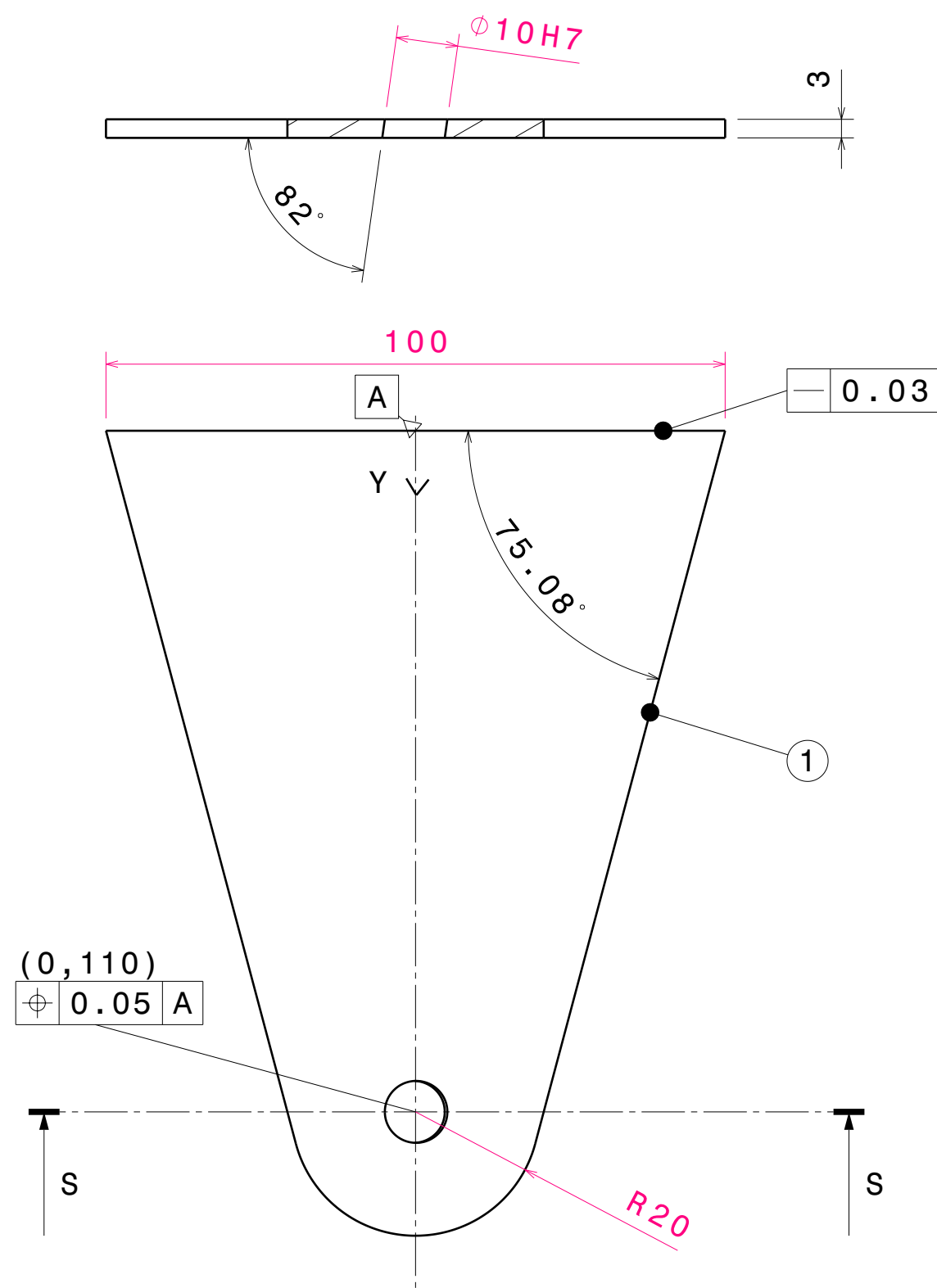
Pieza	Material
1 chapa soporte superior dch	fibra de carbono
2 chapa soporte superior dch curvo	fibra de carbono
3 nucleo dch	Madera laminada



N10
Zona pegado-
LIJADO

Todas las cotas
están en mm

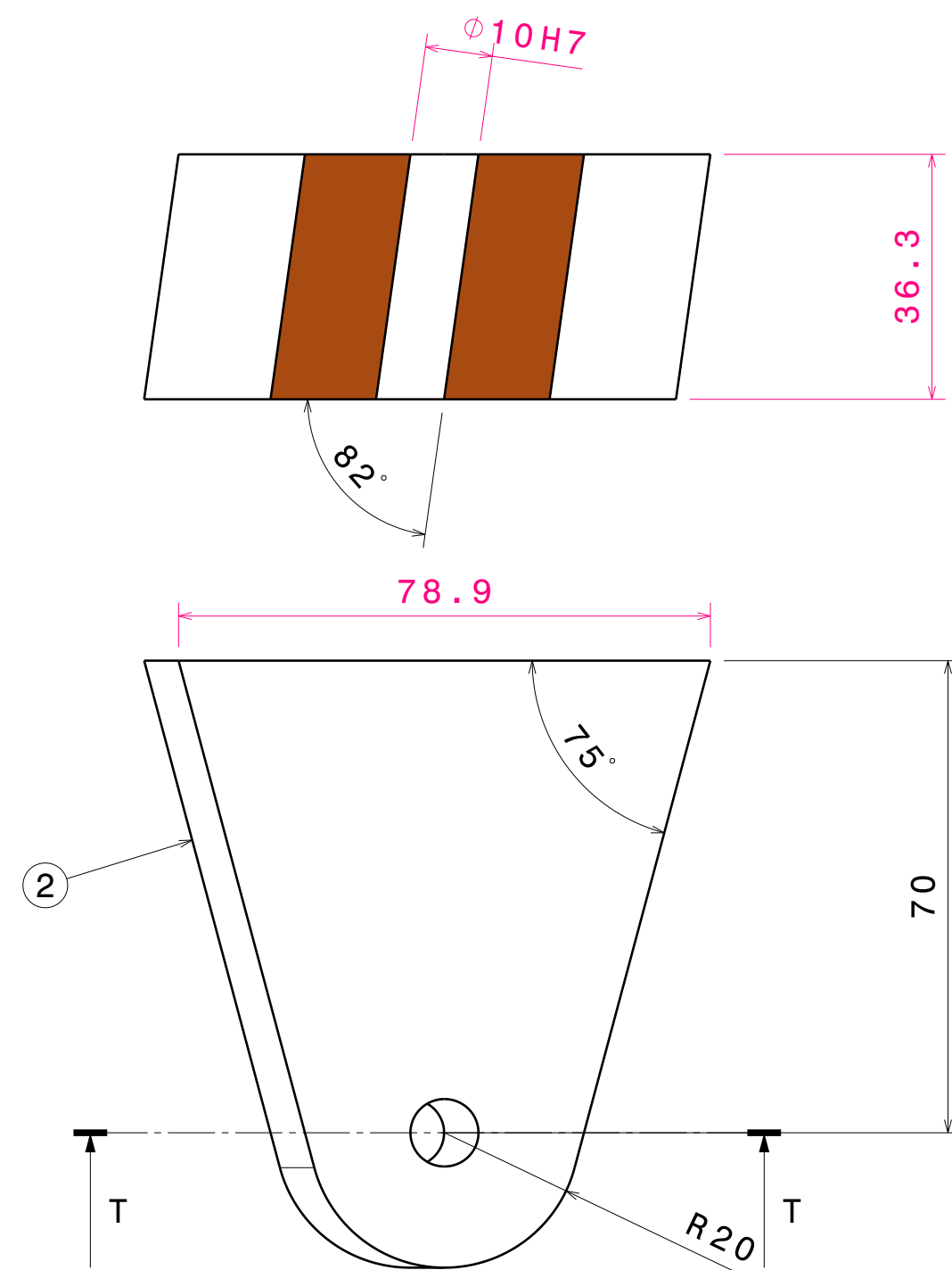
 <div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div>	E.T.S.I.I.T		DEPARTAMENTO:		
	INGENIERÍA INDUSTRIAL		PROYECTOS E INGENIERÍA RURAL		
PROYECTO: FABRICACIÓN DE UN PROTOTITO DE MOTOCICLETA DE COMPETICIÓN DE CATEGORÍA MOTO3			REALIZADO: Amaya Azcona Gimeno		
			FIRMA:		
PLANO: SOP LATERAL SUPERIOR DERECHO			FECHA:	ESCALA:	Nº PLANO
			13/02/15	2:3	9



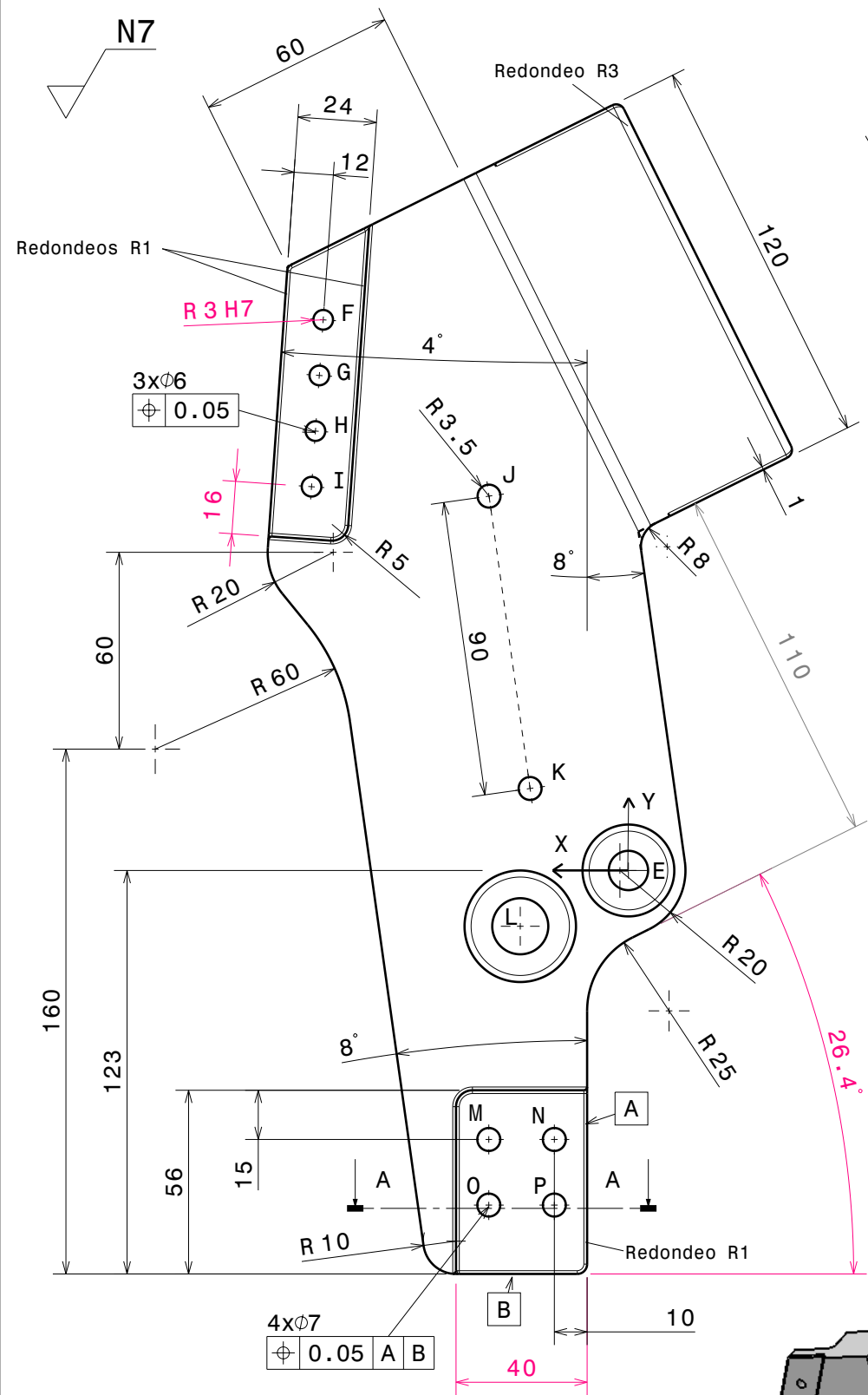
Pieza	Material
1 chapa soporte superior izq	fibra de carbono
2 nucleo izq	Madera laminada

✓ N10
Zona pegado-
LIJADO

Todas las cotas
están en mm

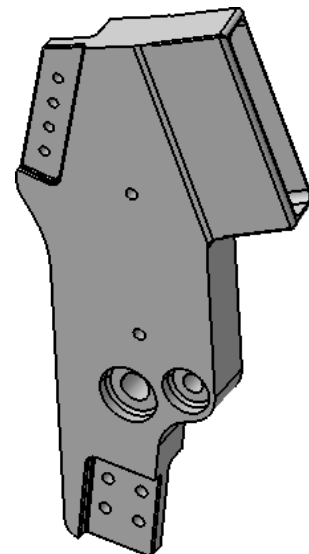
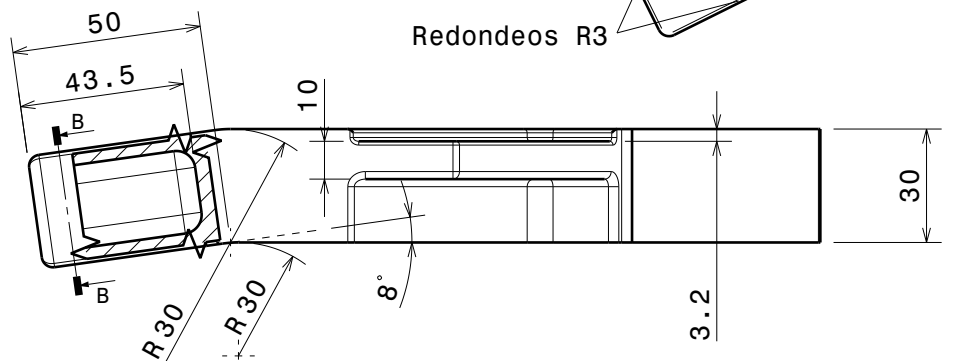
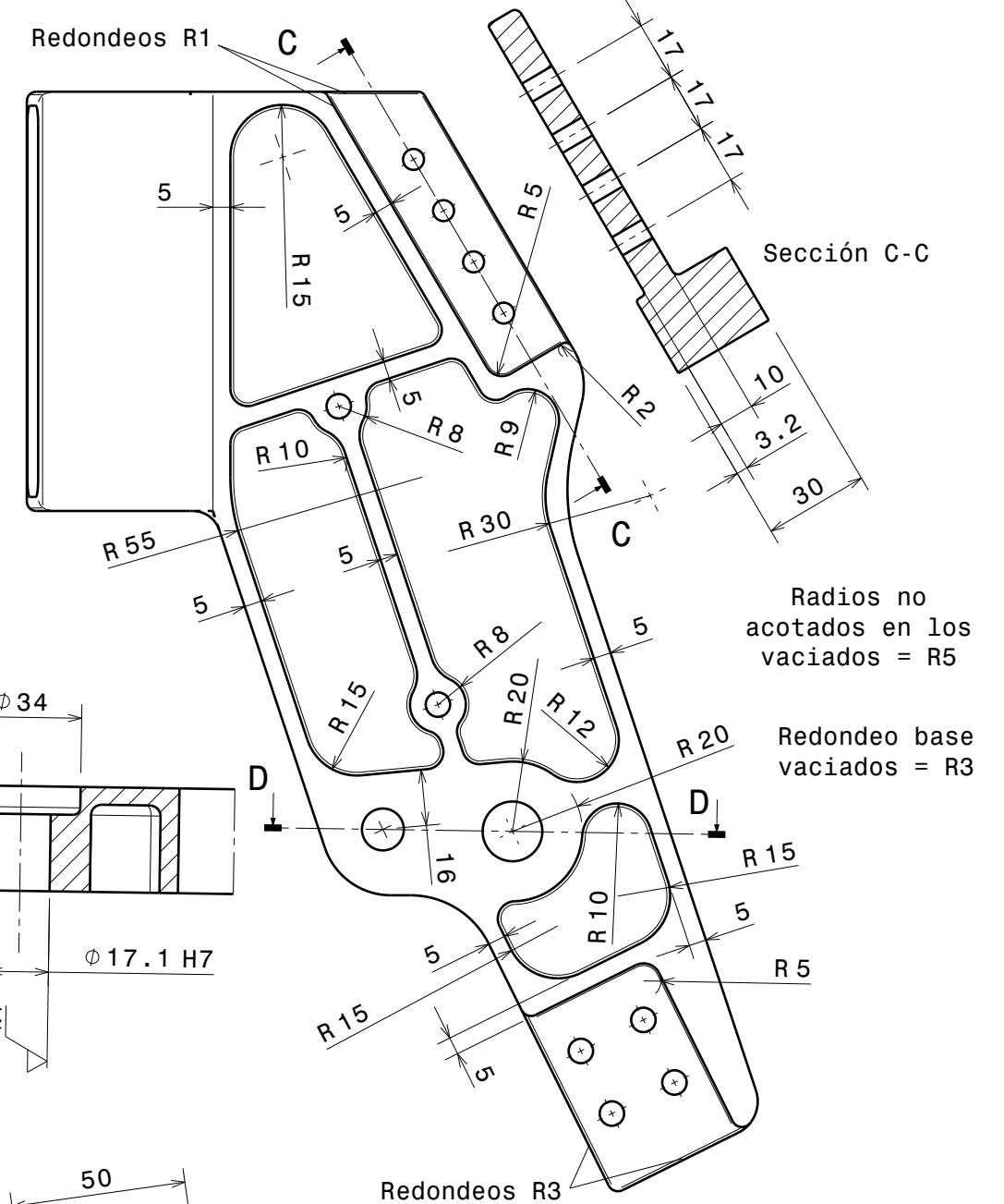
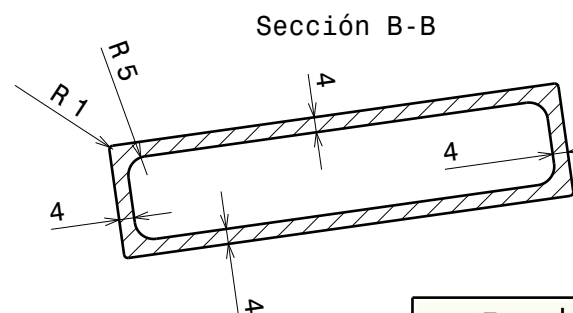
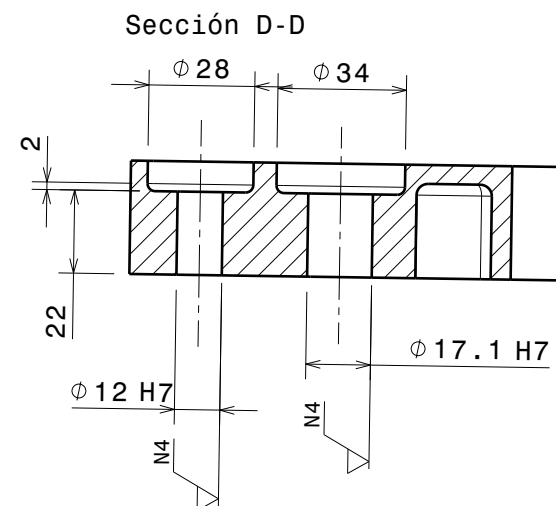
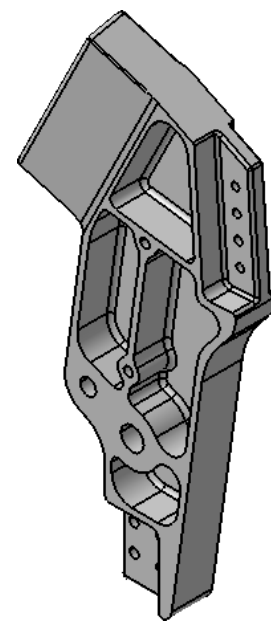
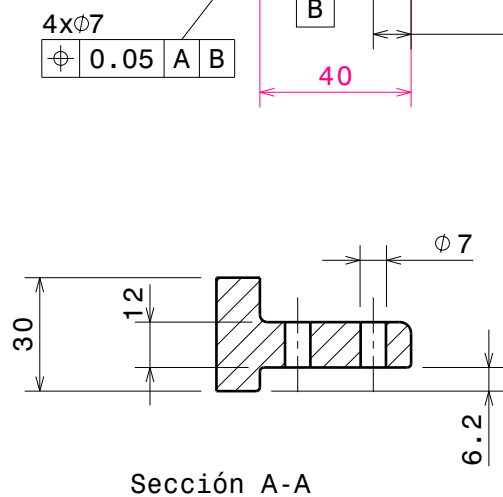


 <div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div>	E.T.S.I.I.T		DEPARTAMENTO:		
	INGENIERÍA INDUSTRIAL		PROYECTOS E INGENIERÍA RURAL		
PROYECTO: FABRICACIÓN DE UN PROTOTITO DE MOTOCICLETA DE COMPETICIÓN DE CATEGORÍA MOTO3			REALIZADO: Amaya Azcona Gimeno		
			FIRMA:		
PLANO: SOP LATERAL SUPERIOR IZQUIERDO			FECHA: 13/02/15	ESCALA: 1 : 1	Nº PLANO: 10




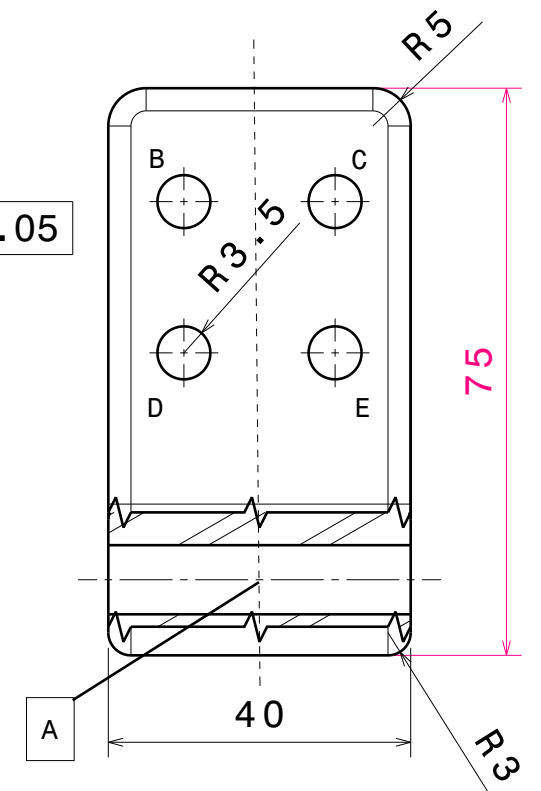
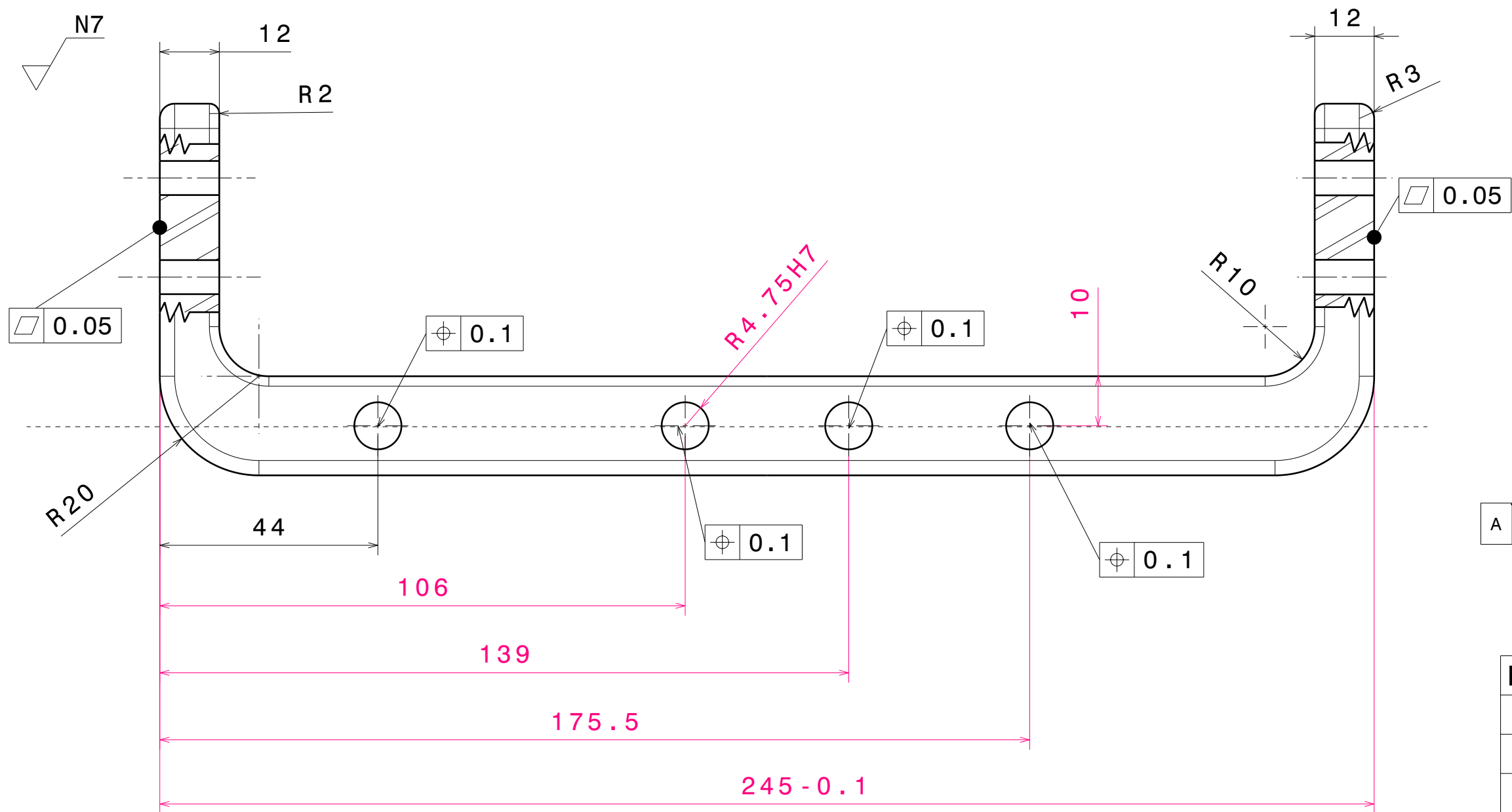
N10
Zona de pegado-
LIJADO

PUNTO	X	Y
E	0	0
F	93.1	167.8
G	94.3	150.6
H	95.5	133.9
I	96.7	116
J	42.5	114.1
K	30	25
L	33	-17
M	42.6	-82
N	22.6	-82
O	42.6	-102
P	22.6	-102

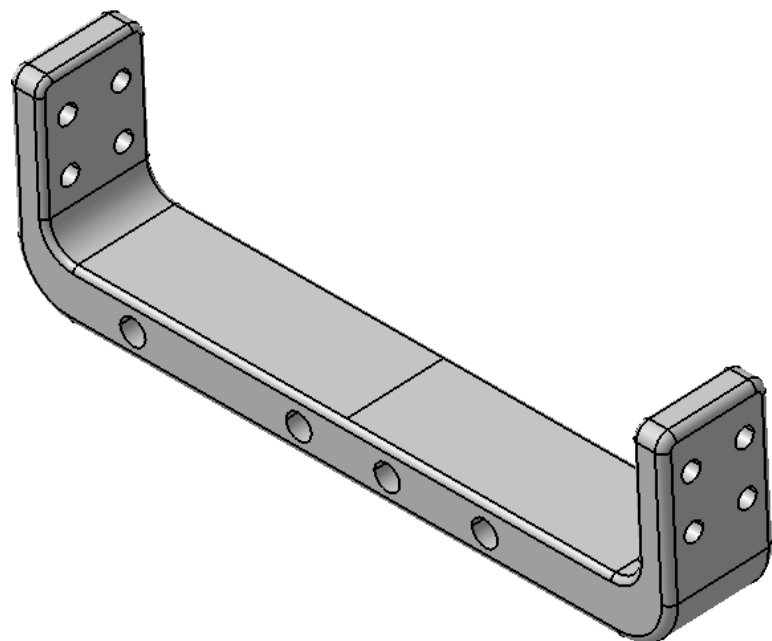


Todas las cotas
están en mm


 <div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div>	E.T.S.I.I.T		DEPARTAMENTO:		
	INGENIERÍA INDUSTRIAL		PROYECTOS E INGENIERÍA RURAL		
PROYECTO: FABRICACIÓN DE UN PROTOTITO DE MOTOCICLETA DE COMPETICIÓN DE CATEGORÍA MOTO3			REALIZADO: Amaya Azcona Gimeno		
			FIRMA:		
PLANO: SOPORTE TRASERO DERECHO			FECHA: 13/02/15	ESCALA: 1:2	Nº PLANO: 11

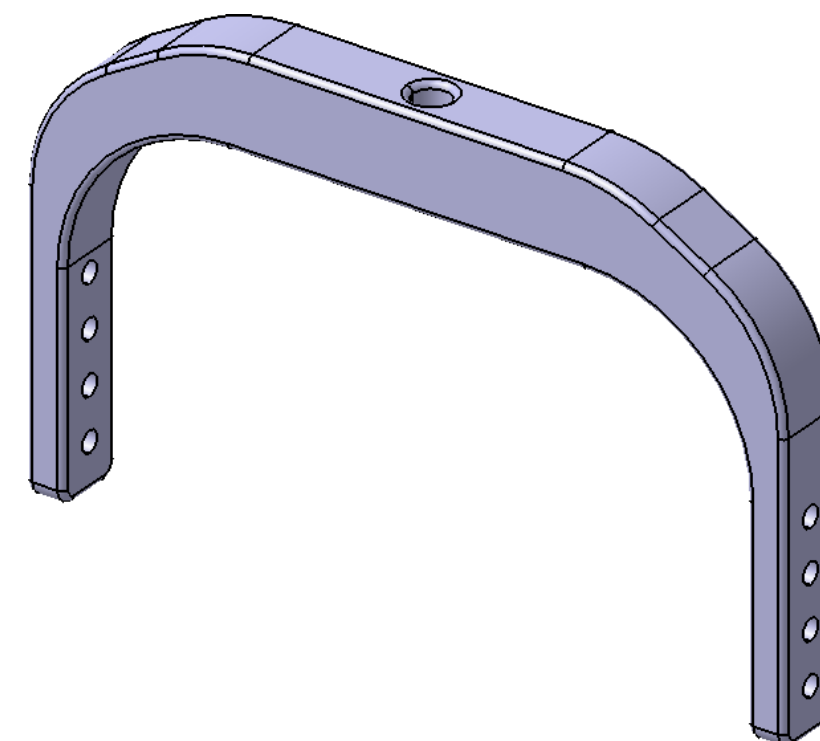
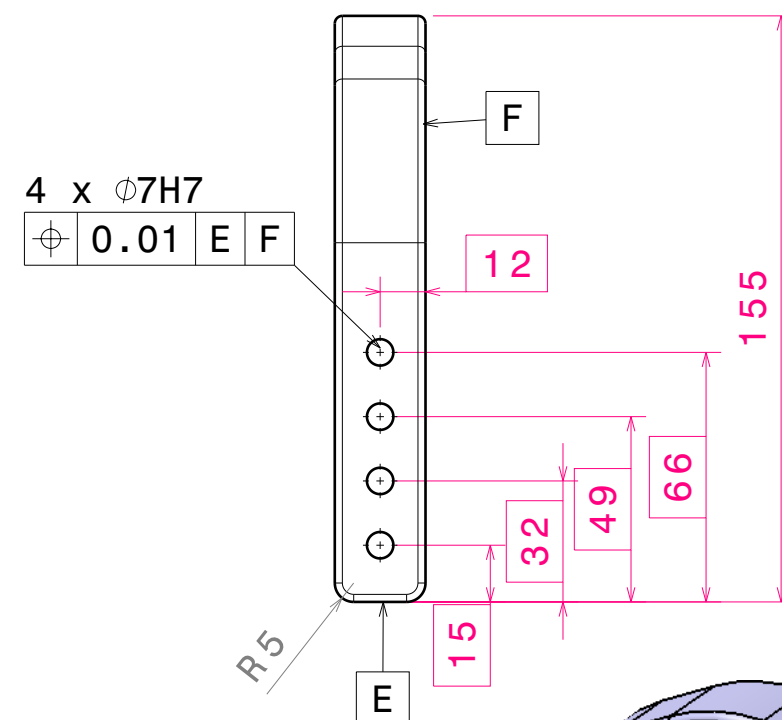
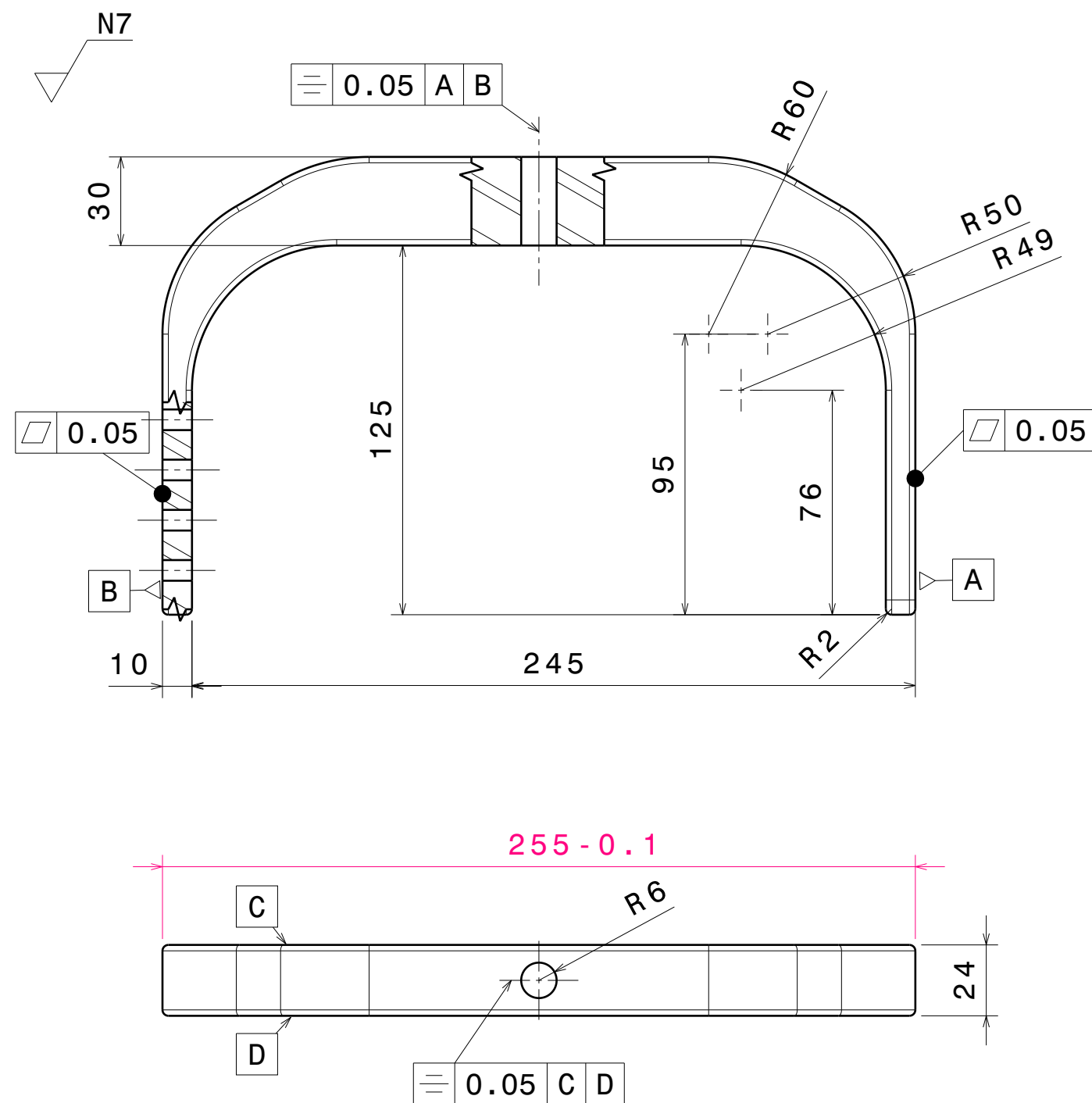


PUNTO	X	Y
A	0	0
B	-10	50
C	10	50
D	-10	30
E	10	30



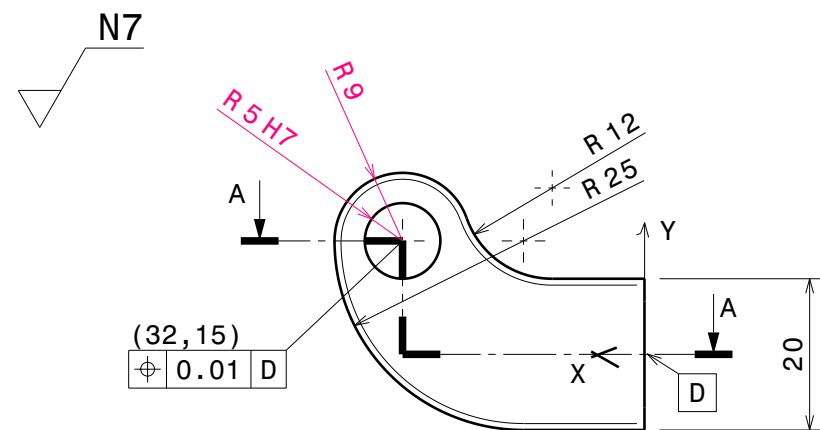
Todas las cotas están en mm

	Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T	DEPARTAMENTO:		
		INGENIERÍA INDUSTRIAL	PROYECTOS E INGENIERÍA RURAL		
PROYECTO:			REALIZADO:		
FABRICACIÓN DE UN PROTOTITO DE MOTOCICLETA DE COMPETICIÓN DE CATEGORÍA MOTO3			Amaya Azcona Gimeno		
PLANO:			FIRMA:		
SOPORTE LINKS			FECHA:	ESCALA:	Nº PLANO:
			13/02/15	1:1	13

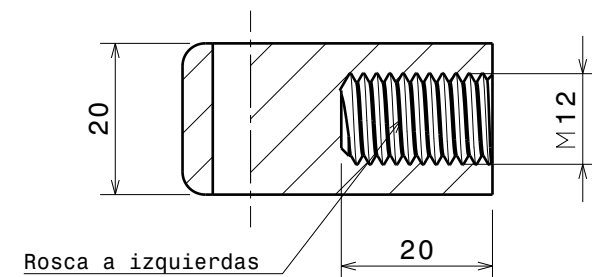


Todas las cotas
están en mm

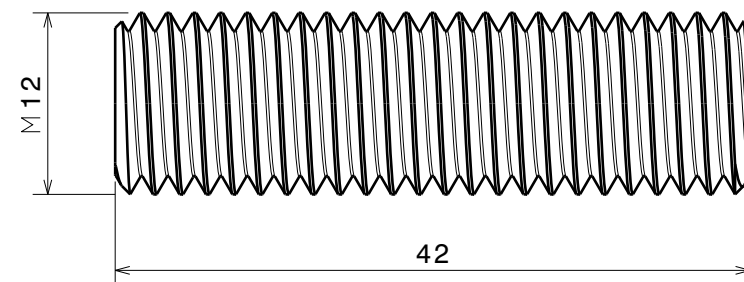
	Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i>	E.T.S.I.I.T	DEPARTAMENTO:		
		INGENIERÍA INDUSTRIAL	PROYECTOS E INGENIERÍA RURAL		
PROYECTO: FABRICACIÓN DE UN PROTOTITO DE MOTOCICLETA DE COMPETICIÓN DE CATEGORÍA MOTO3			REALIZADO: Amaya Azcona Gimeno		
			FIRMA:		
PLANO: SOPORTE DEL MUELLE			FECHA:	ESCALA:	Nº PLANO
			13/02/15	1:2	14



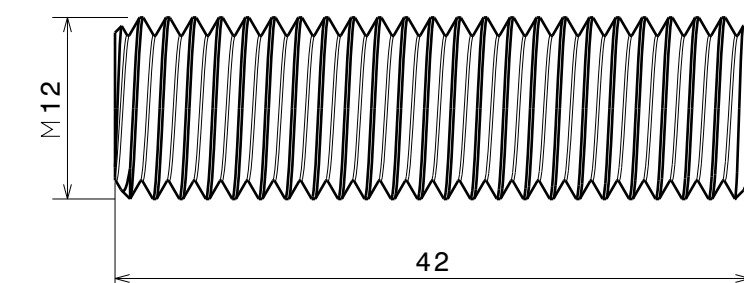
Sección A-A



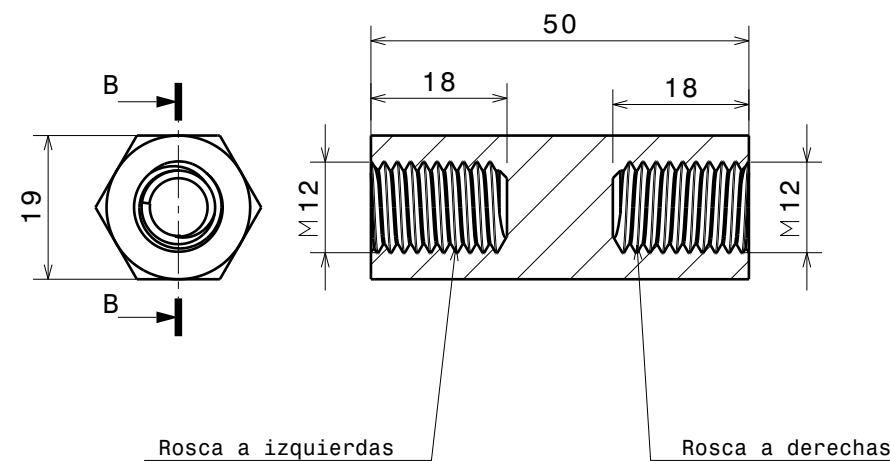
VARILLA ROSCADA I
Rosca a izquierdas
Escala 2:1



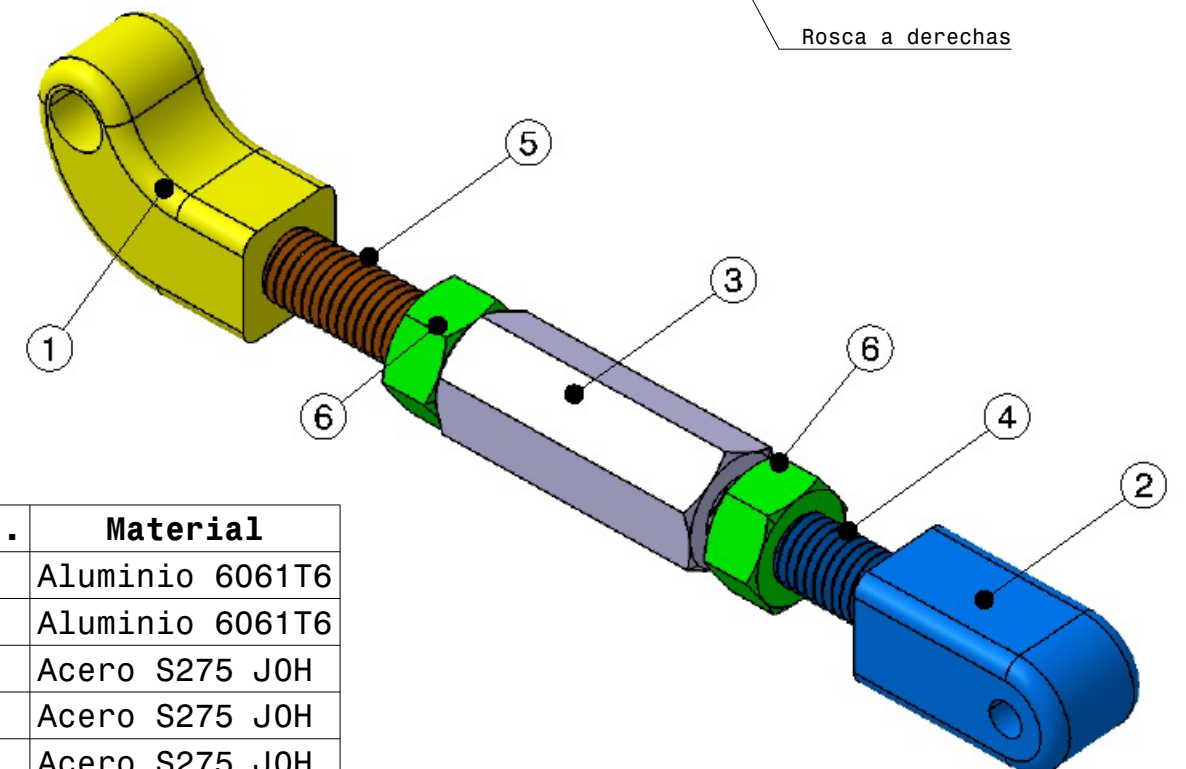
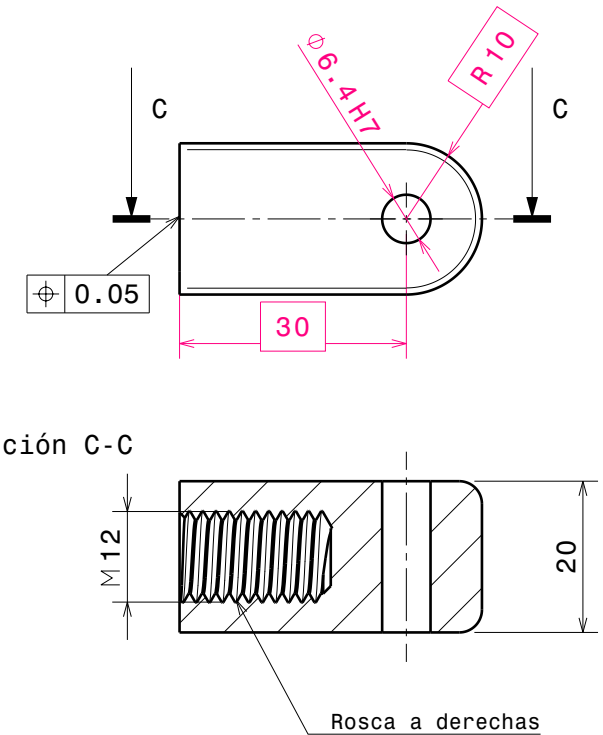
VARILLA ROSCADA II
Rosca a derechas
Escala 2:1



Sección B-B



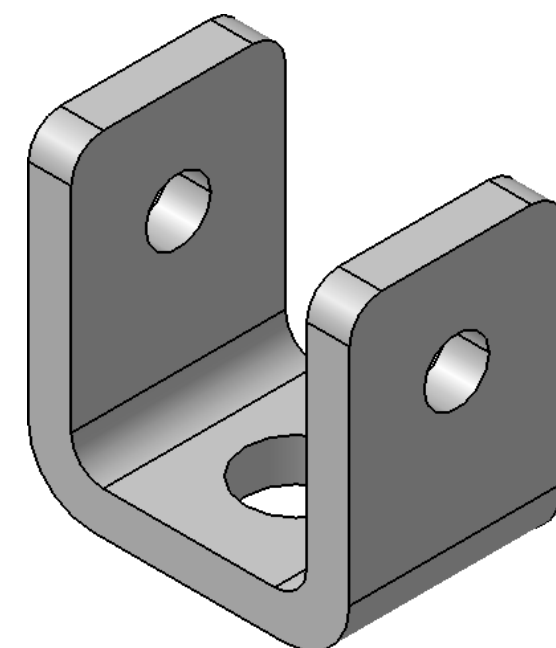
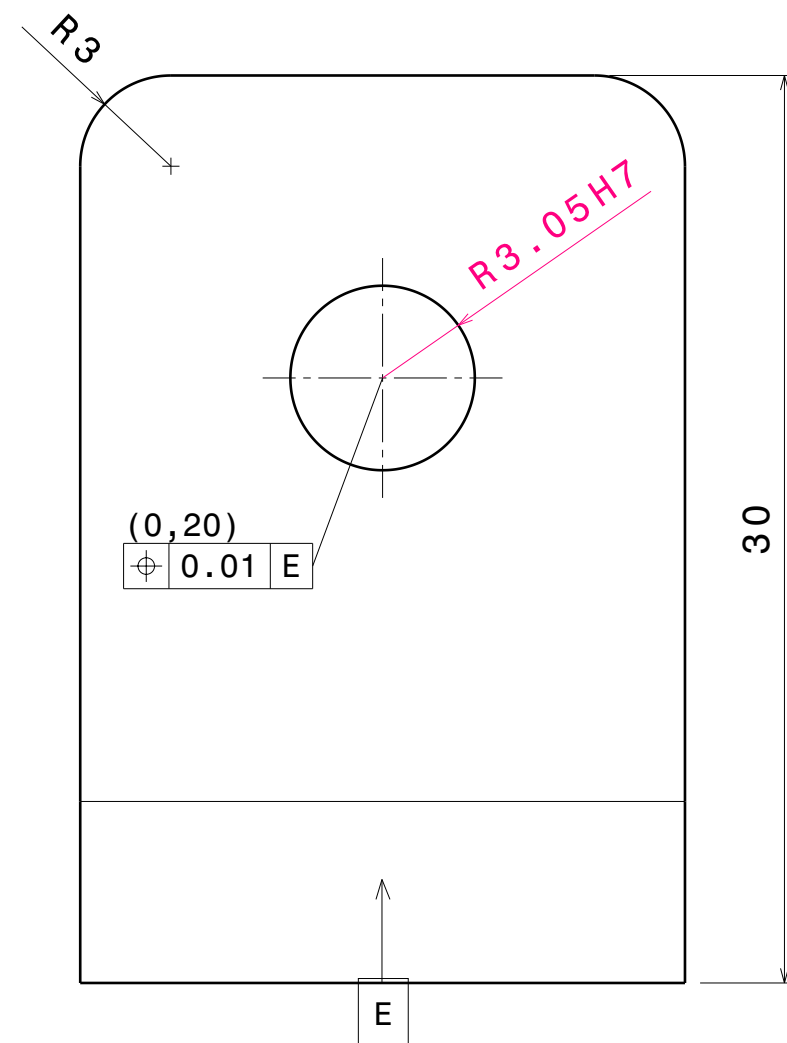
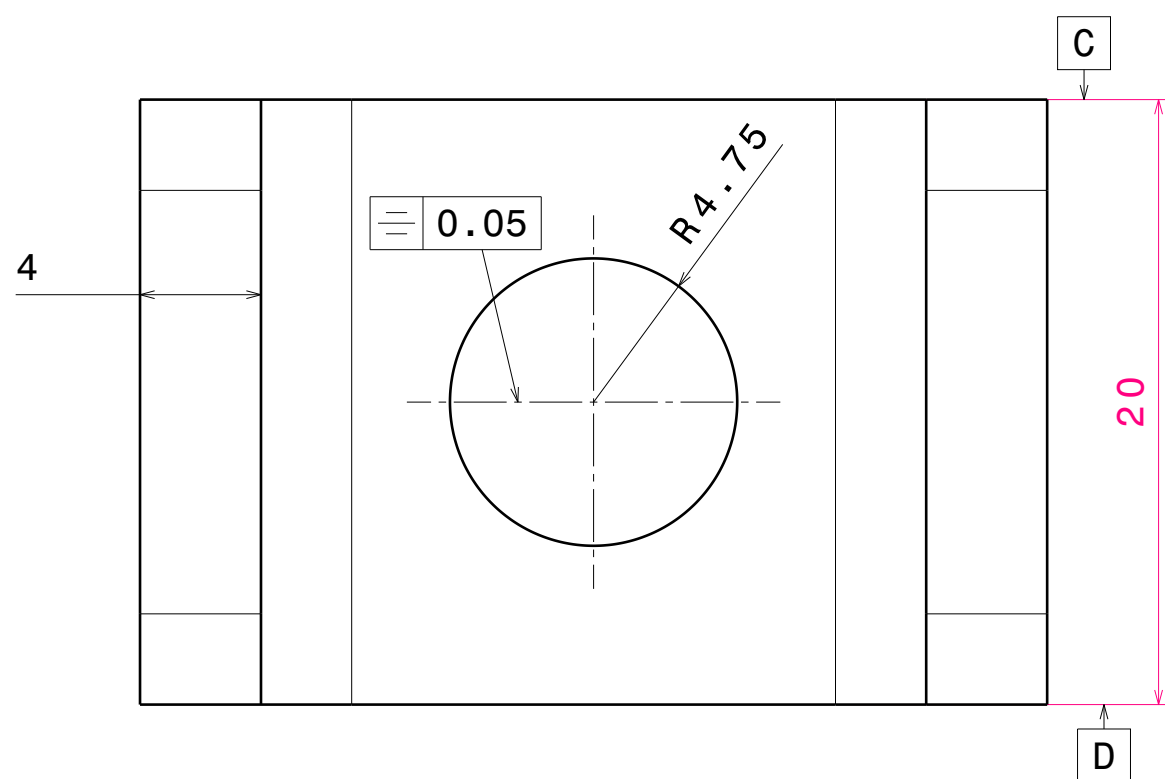
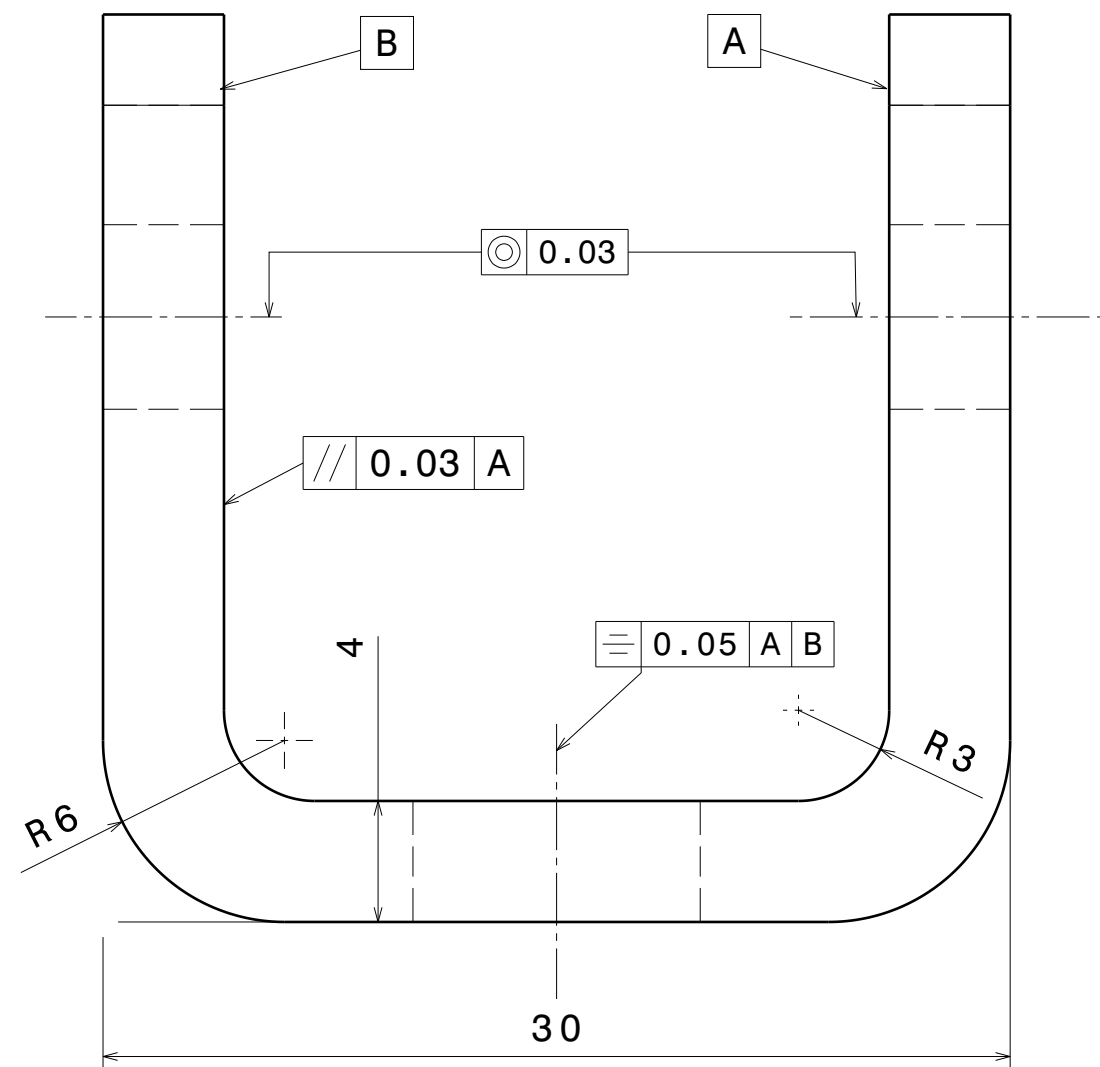
Sección C-C




Nº	Nombre	Cant.	Material
1	Pieza 1 Sop inferior	2	Aluminio 6061T6
2	Pieza 2 Sop inferior	2	Aluminio 6061T6
3	Pieza central	2	Acero S275 JOH
4	Varilla rosca izquierdas	2	Acero S275 JOH
5	Varilla rosca derechas	2	Acero S275 JOH
6	Tuerca DIN 934 M12	4	Acero S275 JOH

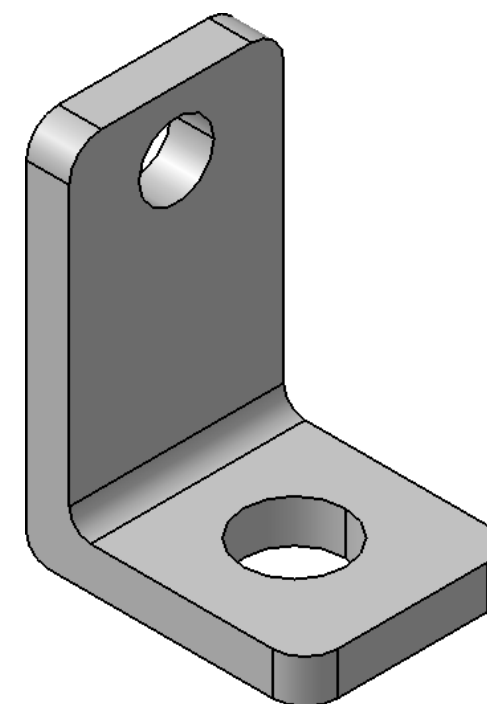
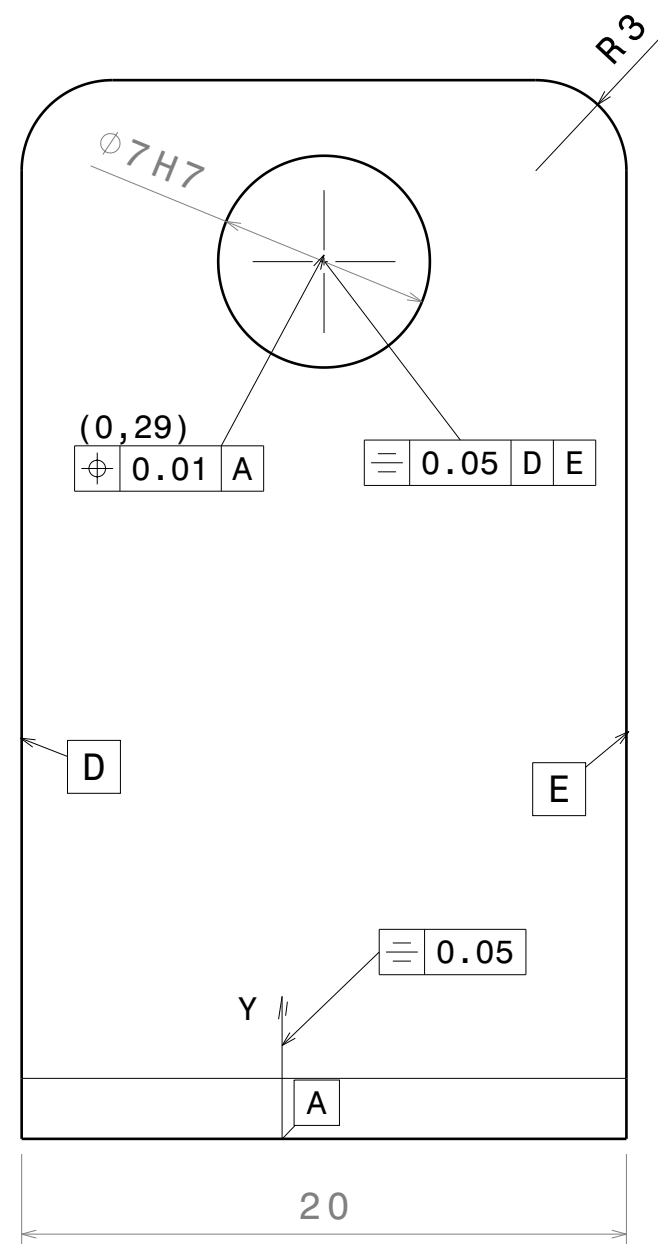
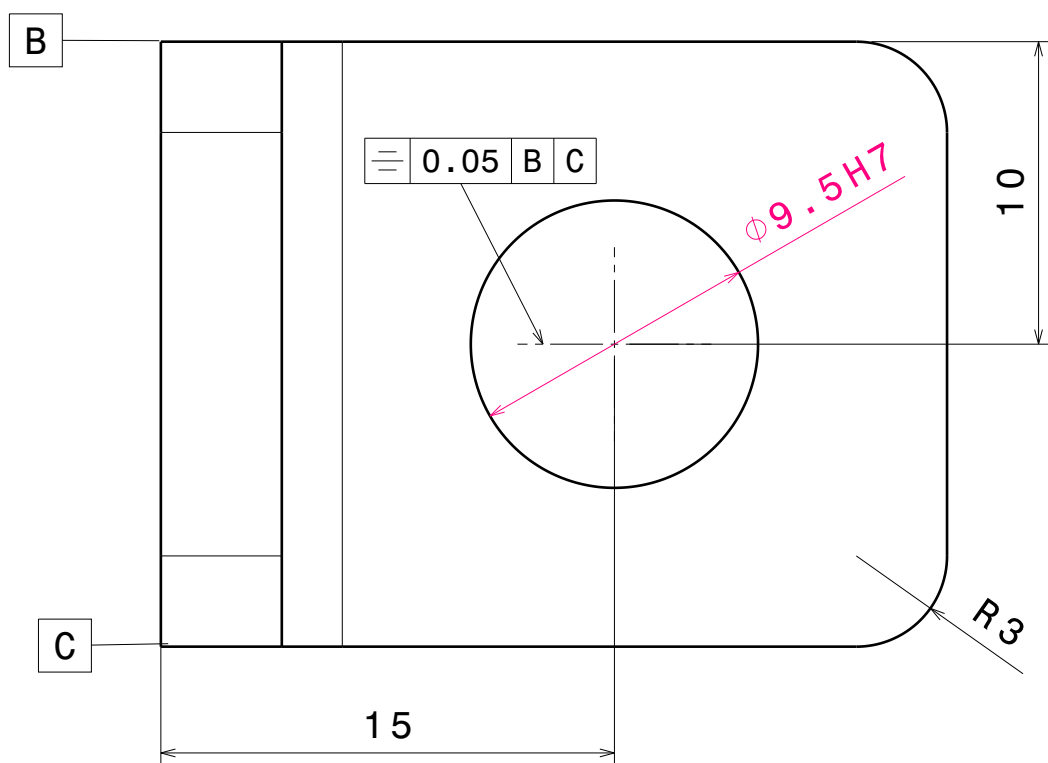
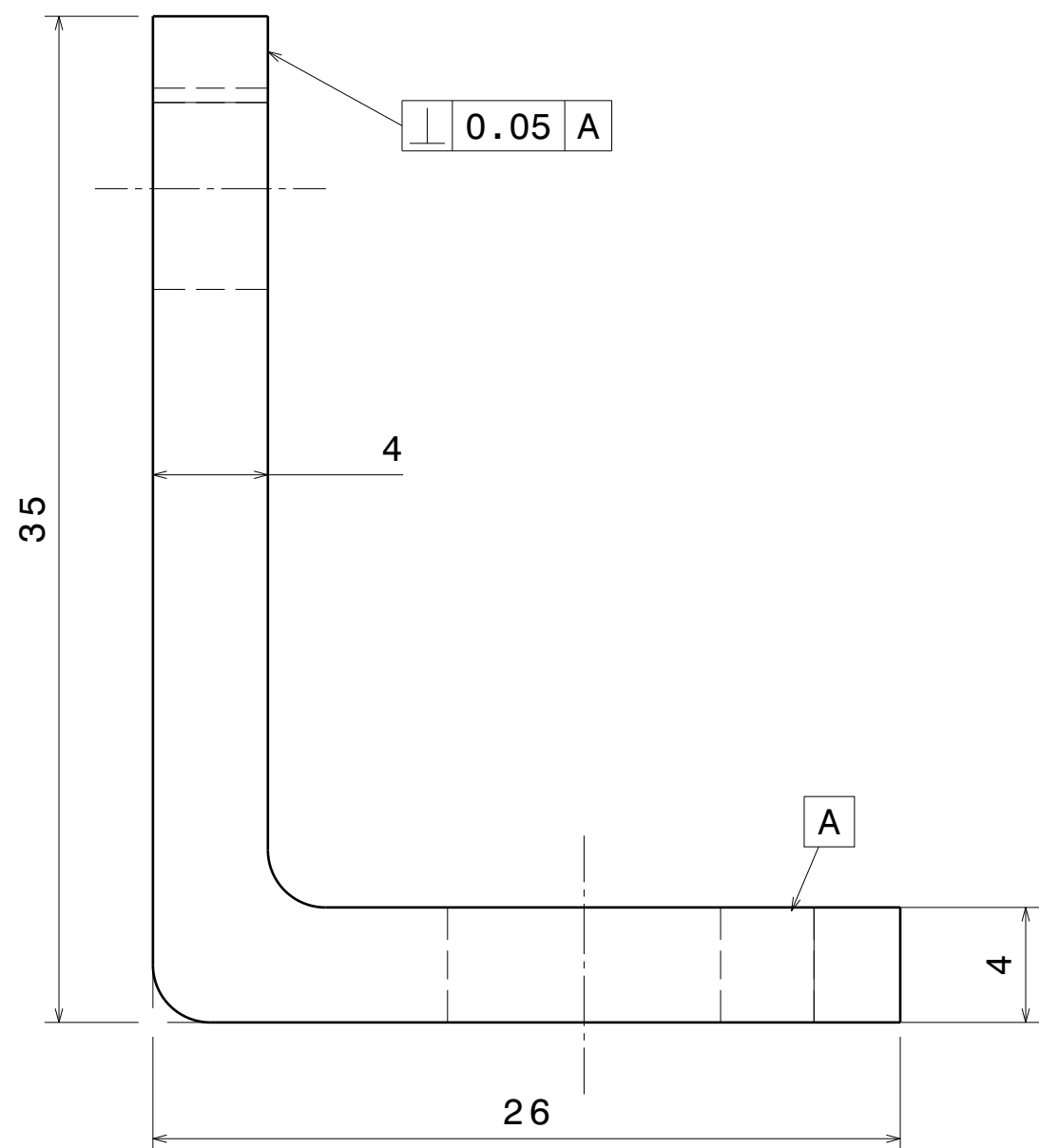
Todas las cotas están en mm
Redondeos no acotados = R3

 <div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div>	E.T.S.I.I.T		DEPARTAMENTO:		
	INGENIERÍA INDUSTRIAL		PROYECTOS E INGENIERÍA RURAL		
PROYECTO: FABRICACIÓN DE UN PROTOTITO DE MOTOCICLETA DE COMPETICIÓN DE CATEGORÍA MOTO3			REALIZADO: Amaya Azcona Gimeno		
			FIRMA:		
PLANO: SOPORTE INFERIOR			FECHA:	ESCALA:	Nº PLANO:
			13/02/15	Varias	15



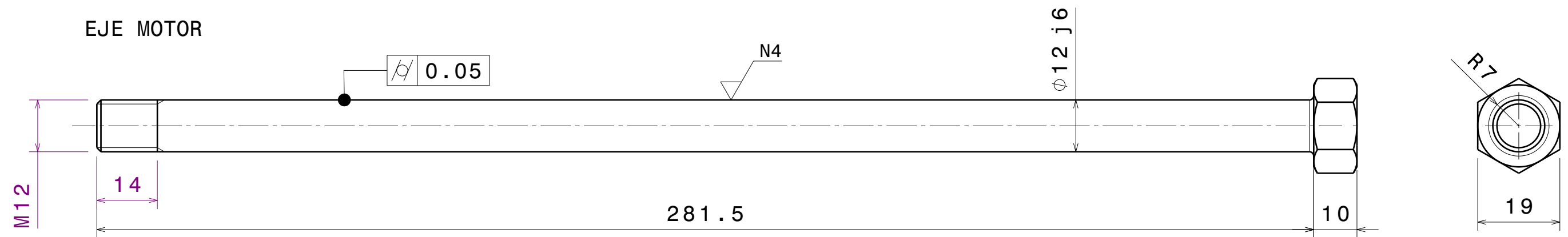
Todas las cotas están en mm

 <div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div>	E.T.S.I.I.T		DEPARTAMENTO:		
	INGENIERÍA INDUSTRIAL		PROYECTOS E INGENIERÍA RURAL		
PROYECTO: FABRICACIÓN DE UN PROTOTITO DE MOTOCICLETA DE COMPETICIÓN DE CATEGORÍA MOT03			REALIZADO: Amaya Azcona Gimeno		
			FIRMA:		
PLANO: U SOPORTE LINKS			FECHA:	ESCALA:	Nº PLANO:
			13/02/15	4:1	16

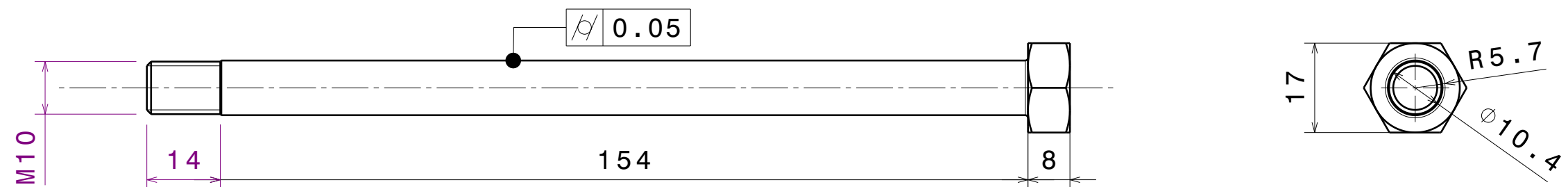


Todas las cotas
están en mm

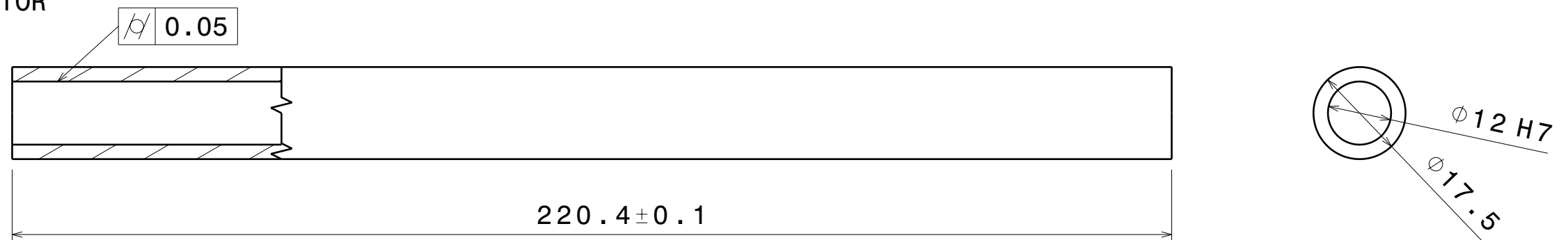
 <div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div>	E.T.S.I.I.T		DEPARTAMENTO:		
	INGENIERÍA INDUSTRIAL		PROYECTOS E INGENIERÍA RURAL		
PROYECTO: FABRICACIÓN DE UN PROTOTITO DE MOTOCICLETA DE COMPETICIÓN DE CATEGORÍA MOT03			REALIZADO: Amaya Azcona Gimeno		
			FIRMA:		
PLANO: L TIRANTE			FECHA:	ESCALA:	Nº PLANO
			13/02/15	4:1	17



EJE SOPORTE INFERIOR-MOTOR




CASQUILLO EJE MOTOR

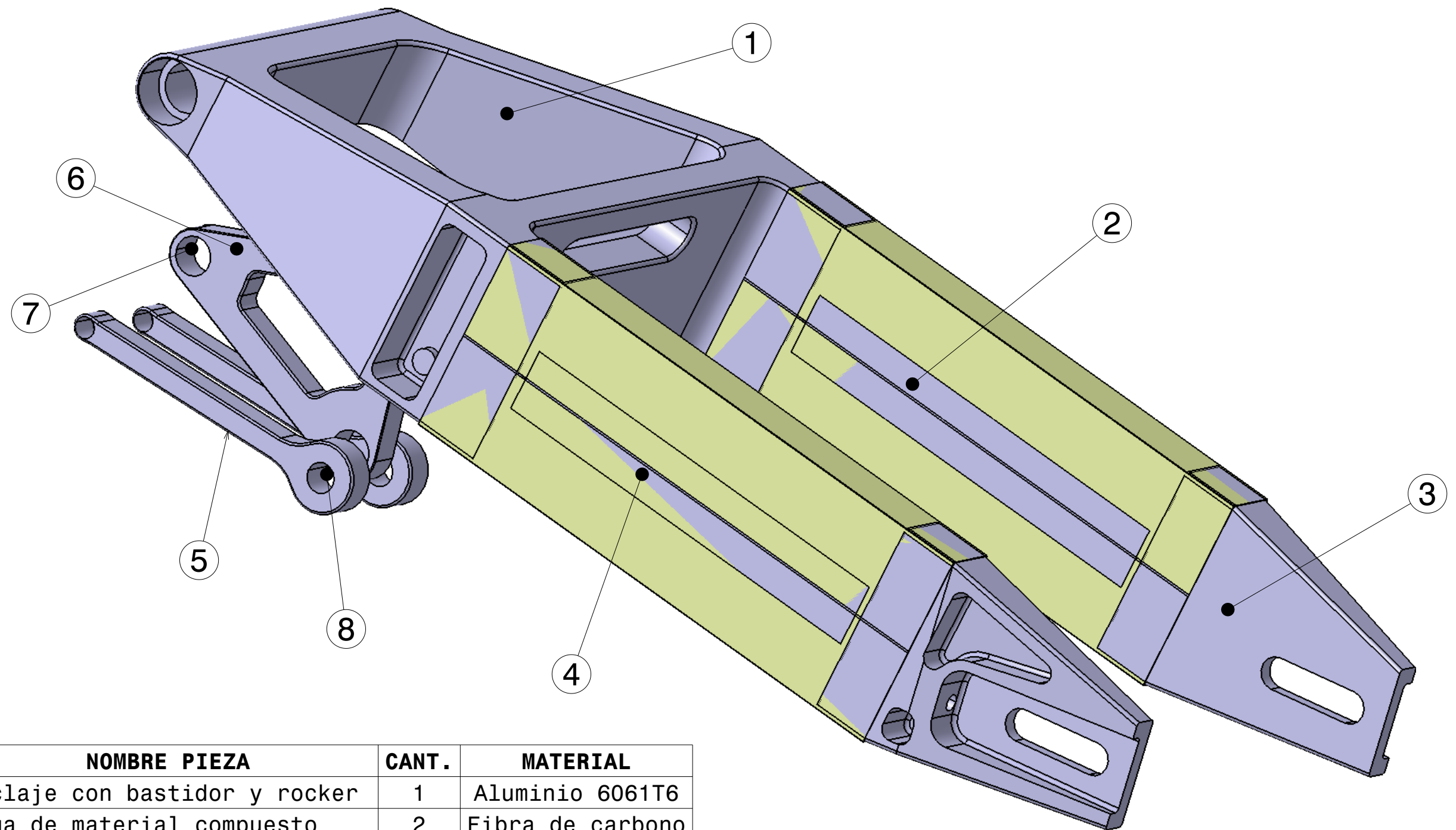


TORNILLERIA EJES

EJES	TUERCA	CANT	ARANDELA	CANT
EJE MOTOR	DIN985_M12	1	DIN125A_M12	2
EJE SOP INFERIOR	DIN985_M10	1	DIN125A_M12	2

Todas las cotas están en mm

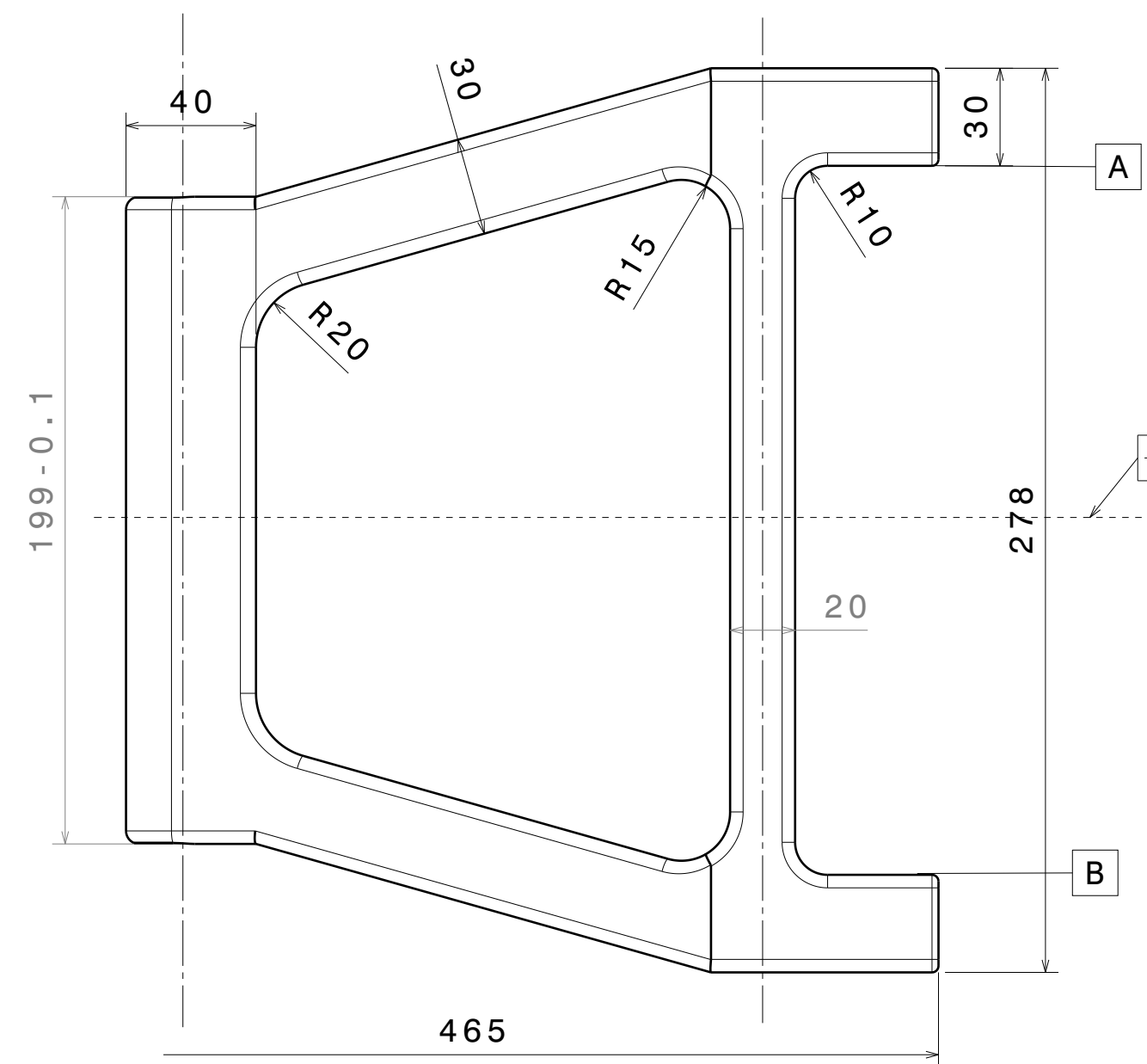
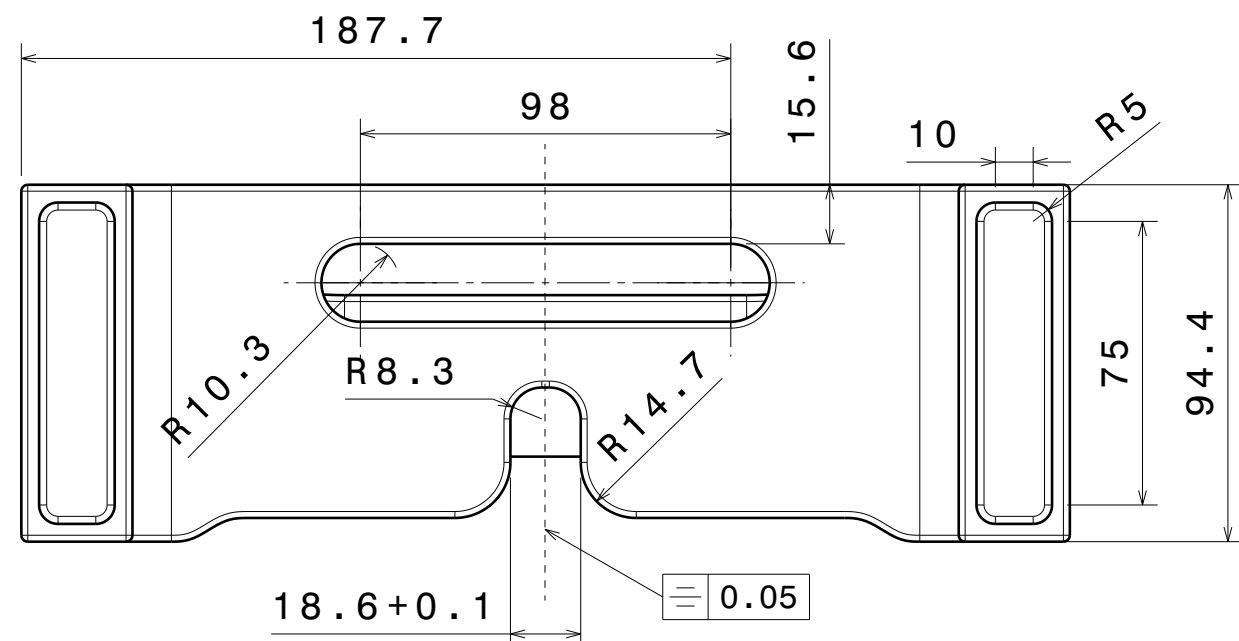
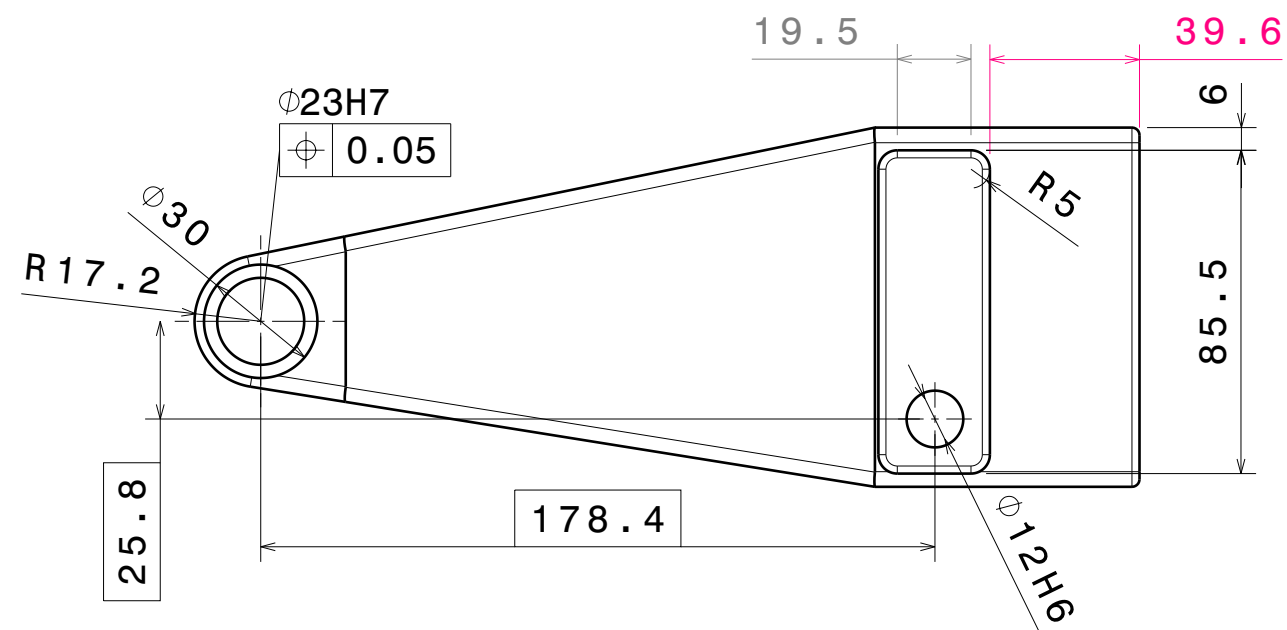
 <div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div>	E.T.S.I.I.T		DEPARTAMENTO:		
	INGENIERÍA INDUSTRIAL		PROYECTOS E INGENIERÍA RURAL		
PROYECTO: FABRICACIÓN DE UN PROTOTITO DE MOTOCICLETA DE COMPETICIÓN DE CATEGORÍA MOTO3			REALIZADO: Amaya Azcona Gimeno		
			FIRMA:		
PLANO: EJES Y CASQUILLOS			FECHA:	ESCALA:	Nº PLANO:
			13/02/15	1:1	18



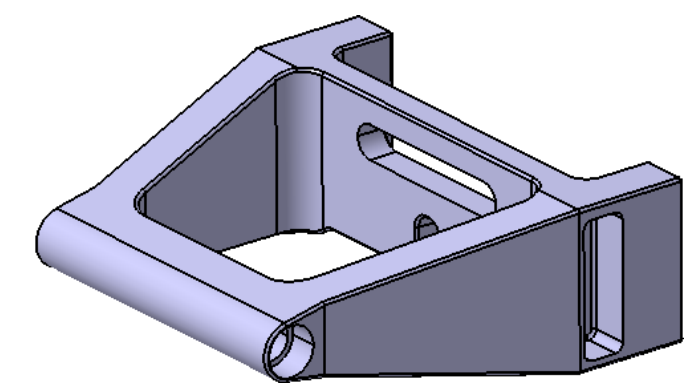
Nº PIEZA	NOMBRE PIEZA	CANT.	MATERIAL
1	Anclaje con bastidor y rocker	1	Aluminio 6061T6
2	Viga de material compuesto	2	Fibra de carbono
3	Anclaje con neumático	2	Aluminio 6061T6
4	Venda de pegado	4	Fibra de carbono
5	Links	2	En plano
6	Rocker	1	En plano

Nº PIEZA	NOMBRE PIEZA	CARACT.	TUERCA	CANT.	ARANDELA	CANT.
7	Eje Rocker-Amortig	M20 L70	DIN985 M20	2	DIN125A M20	2
8	Eje Rocker-links	M20 L76	DIN985 M20	2	DIN125A M20	2

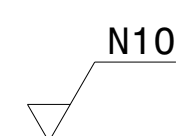
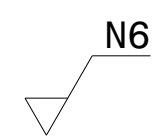
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T	DEPARTAMENTO:	
	INGENIERÍA INDUSTRIAL	PROYECTOS E INGENIERÍA RURAL	
PROYECTO: FABRICACIÓN DE UN PROTOTITO DE MOTOCICLETA DE COMPETICIÓN DE CATEGORÍA MOT03		REALIZADO: Amaya Azcona Gimeno	
PLANO: CONJUNTO BASCULANTE		FIRMA:	
		FECHA:	ESCALA: Nº PLANO:
		13/02/15	1:2 19



Todas las cotas están en mm

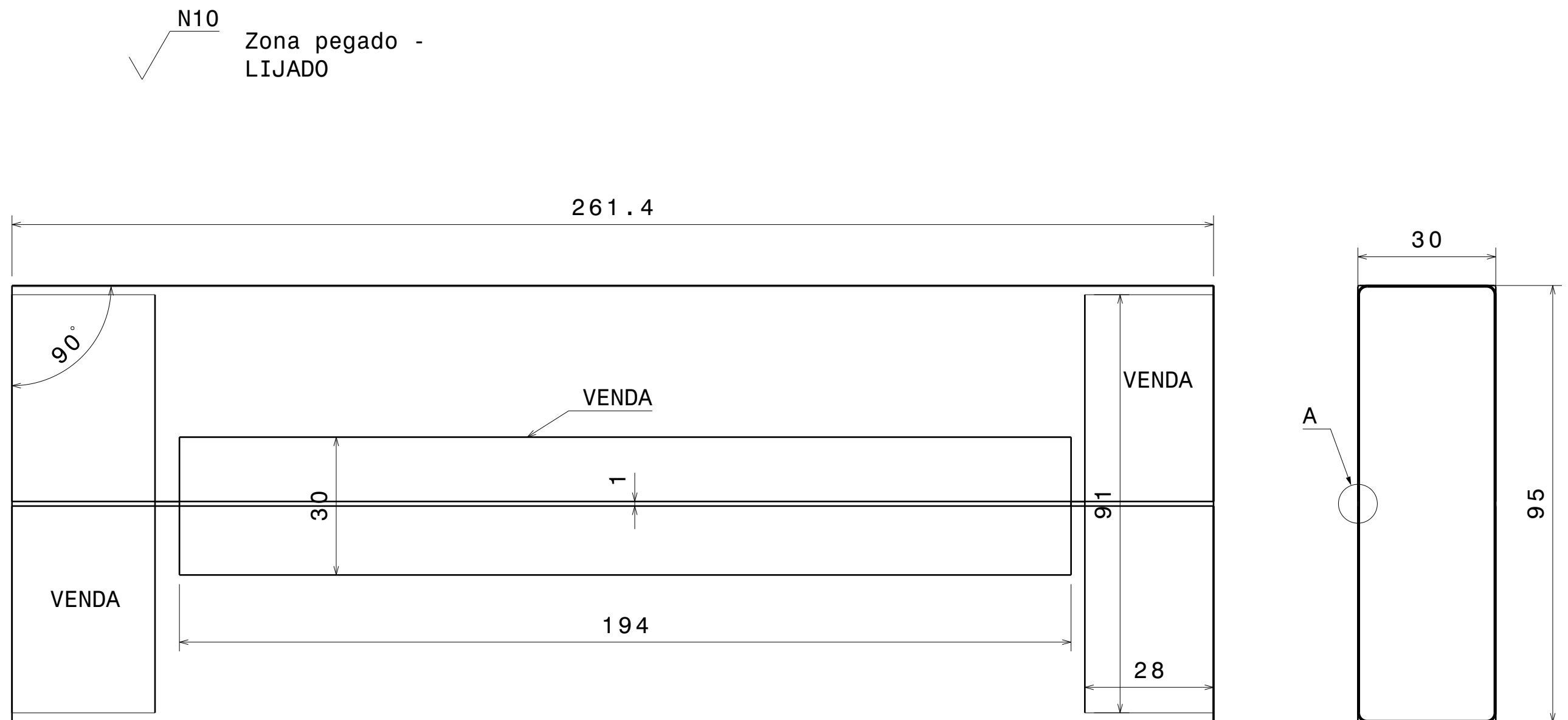


ESCALA 1:4

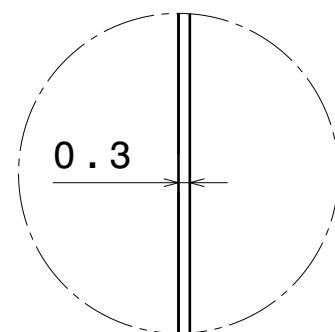


Zona pegado-LIJADO

	Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i>	E.T.S.I.I.T	DEPARTAMENTO:		
		INGENIERÍA INDUSTRIAL	PROYECTOS E INGENIERÍA RURAL		
PROYECTO: FABRICACIÓN DE UN PROTOTITO DE MOTOCICLETA DE COMPETICIÓN DE CATEGORÍA MOTO3			REALIZADO: Amaya Azcona Gimeno		
			FIRMA:		
PLANO: ANCLAJE CON BASTIDOR Y ROCKER DEL BASCULANTE			FECHA: 13/02/15	ESCALA: 1:2	Nº PLANO: 20

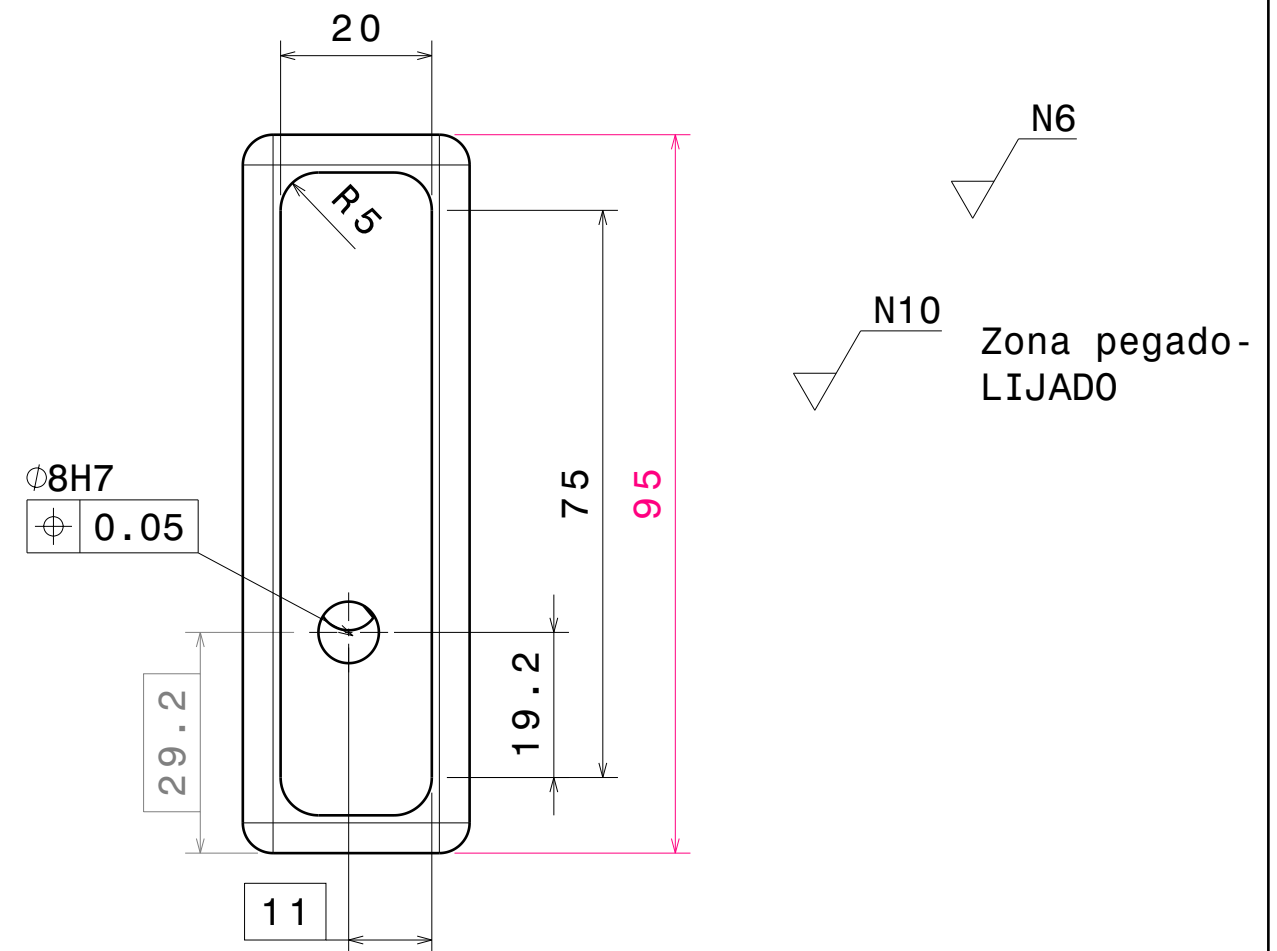
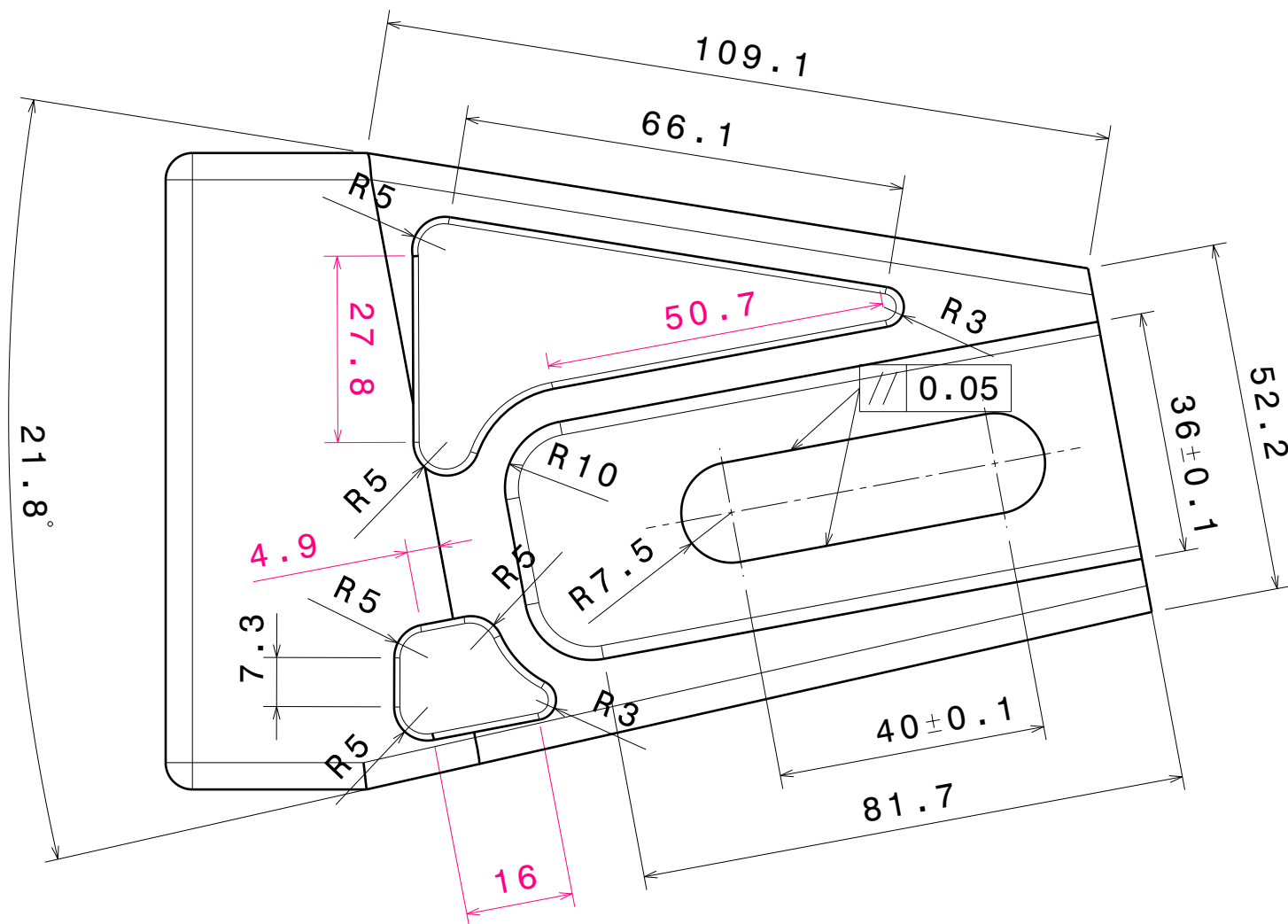


Todas las cotas están en mm

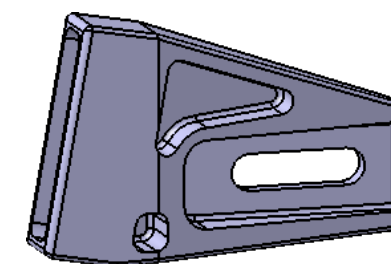


DETALLE A
ESCALA 5:1

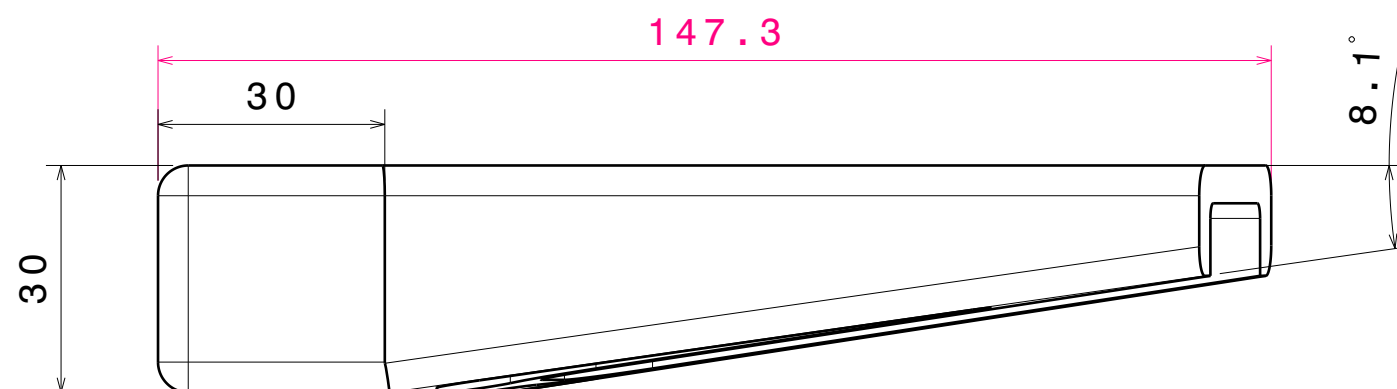
 <div>Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako</i> <i>Unibertsitate Publikoa</i></div>	E.T.S.I.I.T	DEPARTAMENTO:		
	INGENIERÍA INDUSTRIAL	PROYECTOS E INGENIERÍA RURAL		
PROYECTO:		REALIZADO:		
FABRICACIÓN DE UN PROTOTITO DE MOTOCICLETA DE COMPETICIÓN DE CATEGORÍA MOTO3		Amaya Azcona Gimeno		
PLANO:		FIRMA:		
VIGA DE FIBRA DE CARBONO		FECHA:	ESCALA:	Nº PLANO:
		13/02/15	1:1	21



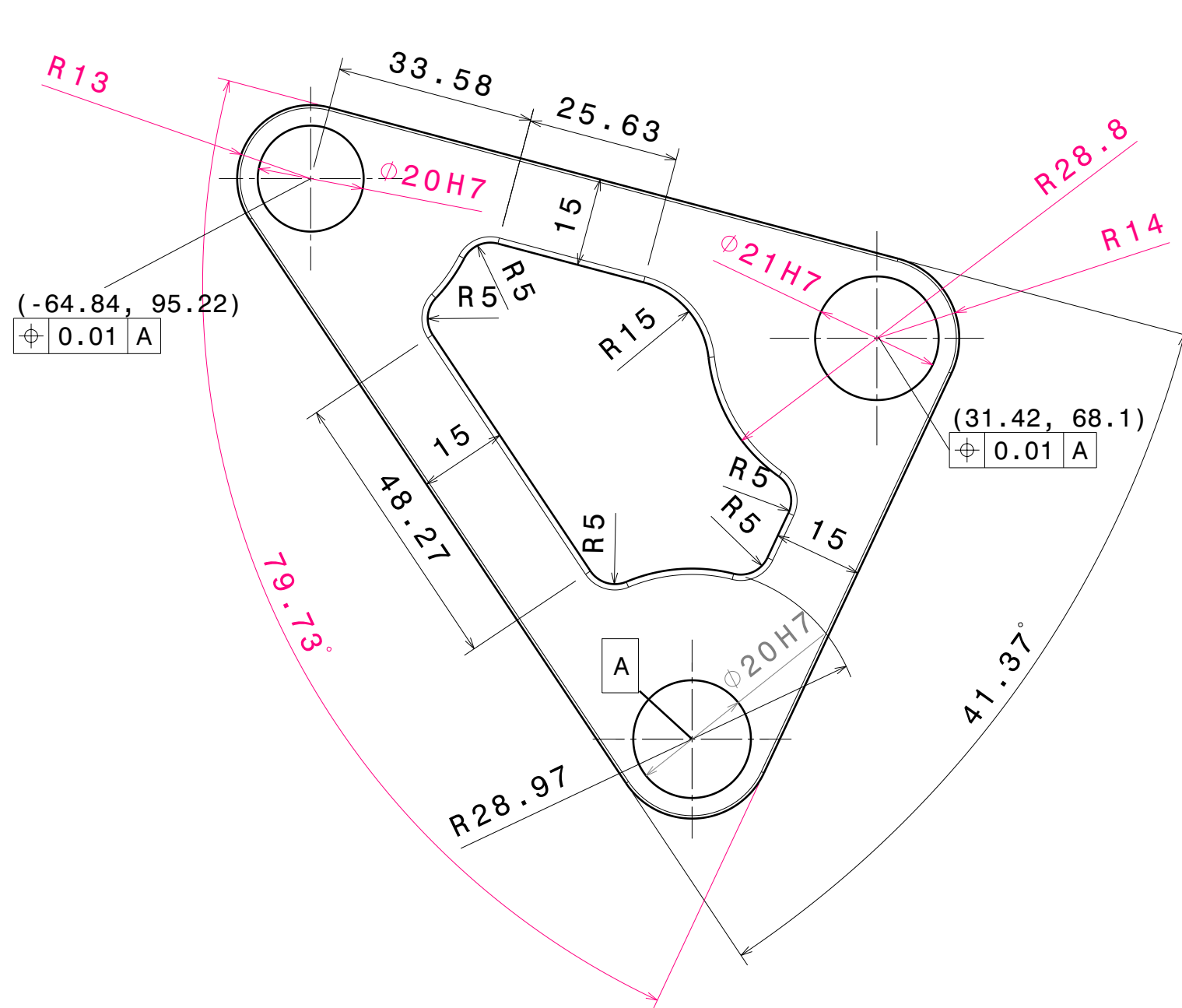
Todas las cotas
están en mm



ESCALA 1:3

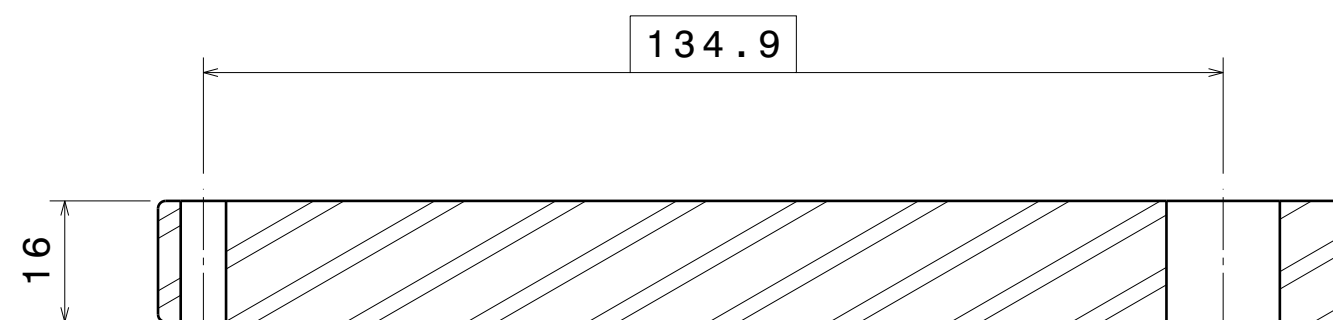
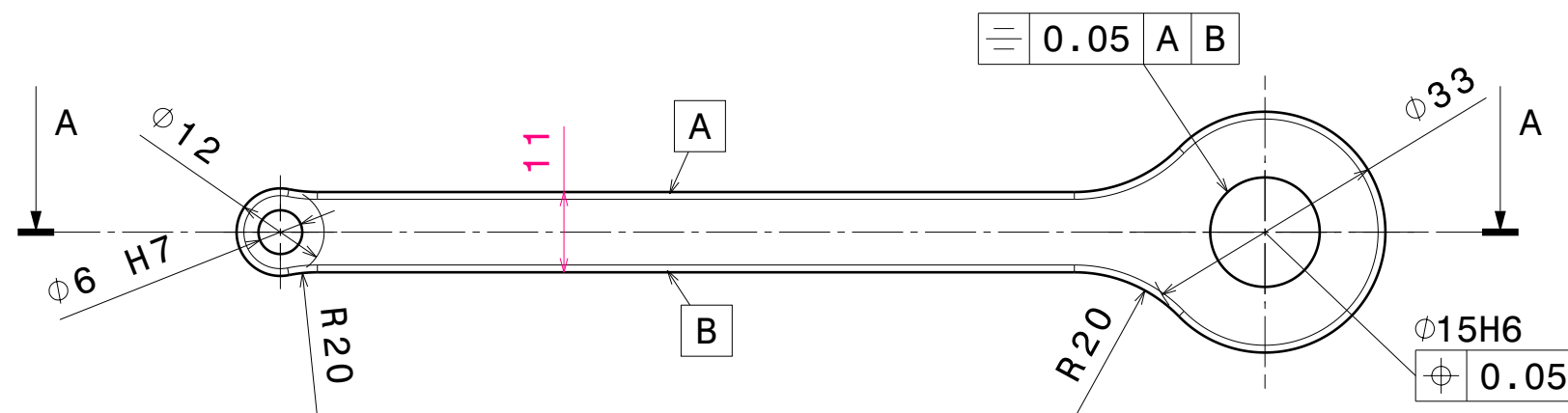


	Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i>	E.T.S.I.I.T	DEPARTAMENTO:		
		INGENIERÍA INDUSTRIAL	PROYECTOS E INGENIERÍA RURAL		
PROYECTO: FABRICACIÓN DE UN PROTOTITO DE MOTOCICLETA DE COMPETICIÓN DE CATEGORÍA MOTO3			REALIZADO: Amaya Azcona Gimeno		
			FIRMA:		
PLANO: ANCLAJE CON NEUMÁTICOS DEL BASCULANTE			FECHA: 13/02/15	ESCALA: 1:1	Nº PLANO: 22

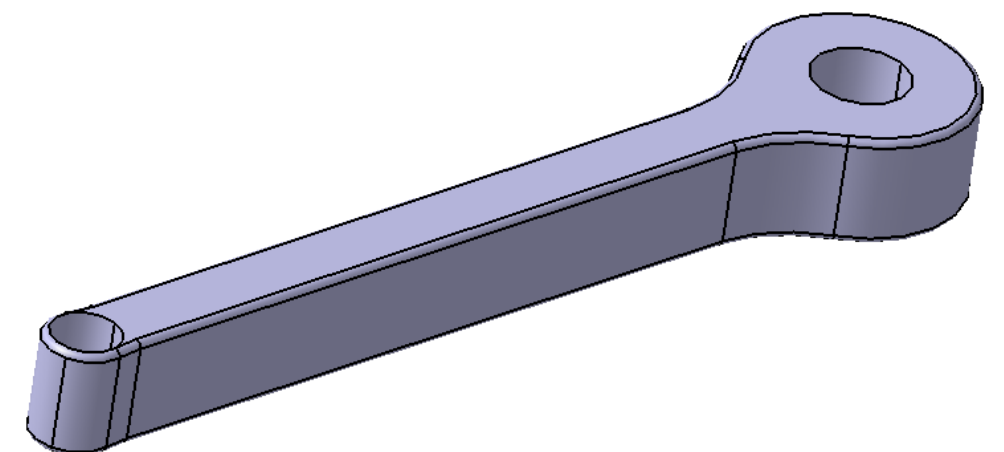


- Material Aluminio 6061 T6
- Matar aristas vivas con herramienta de radio 1 mm.
- Todas las cotas están en mm


 <div>Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i></div>	E.T.S.I.I.T		DEPARTAMENTO:		
	INGENIERÍA INDUSTRIAL		PROYECTOS E INGENIERÍA RURAL		
PROYECTO: FABRICACIÓN DE UN PROTOTITO DE MOTOCICLETA DE COMPETICIÓN DE CATEGORÍA MOT03			REALIZADO: Amaya Azcona Gimeno		
			FIRMA:		
PLANO: ROCKER			FECHA: 13/02/15	ESCALA: 1 : 1	Nº PLANO 23

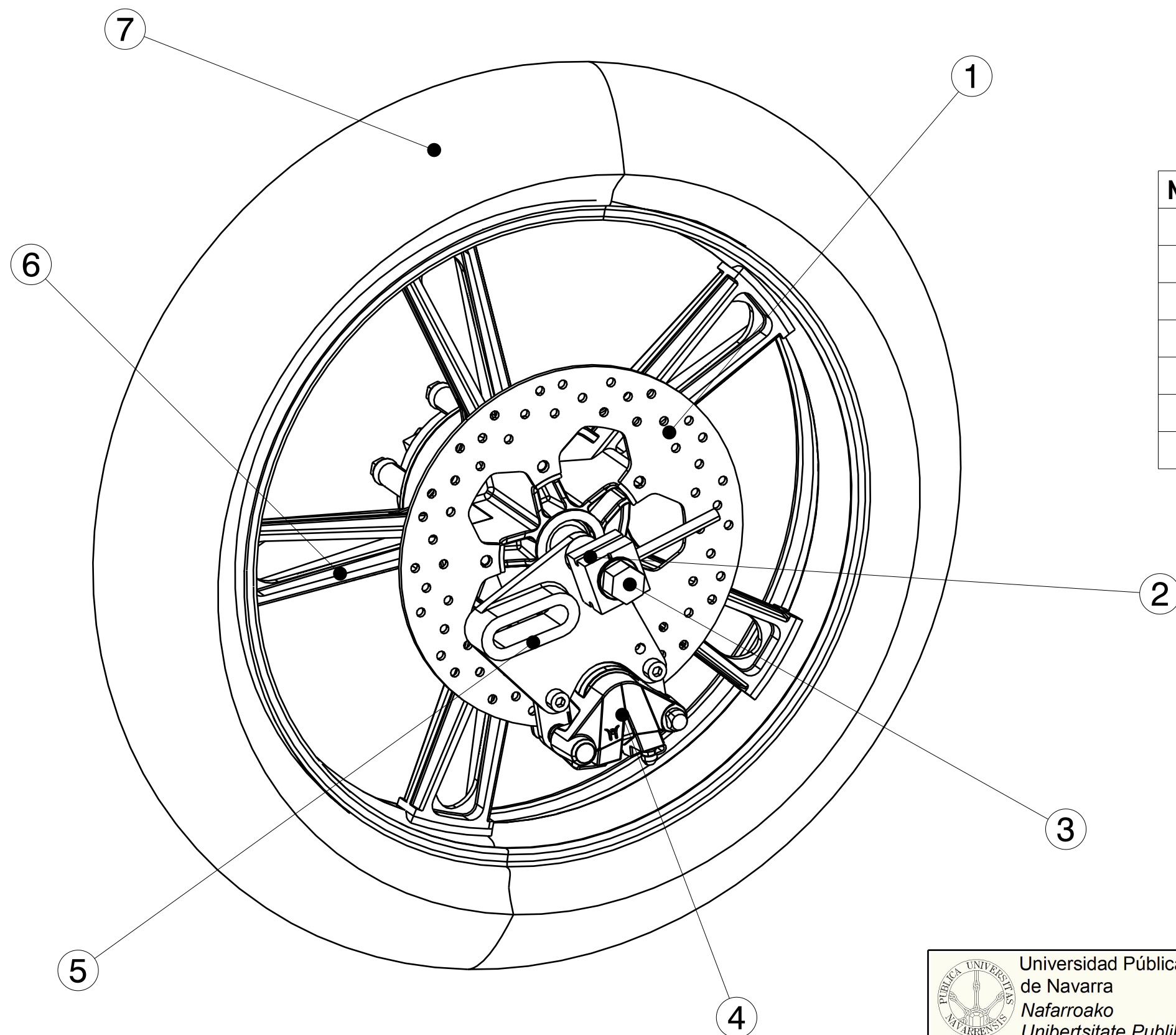


SECCIÓN A-A




- Material Aluminio 6061 T6.
- Matar aristas vivas con herramientas de radio 1 mm.
- Todas las cotas están en mm

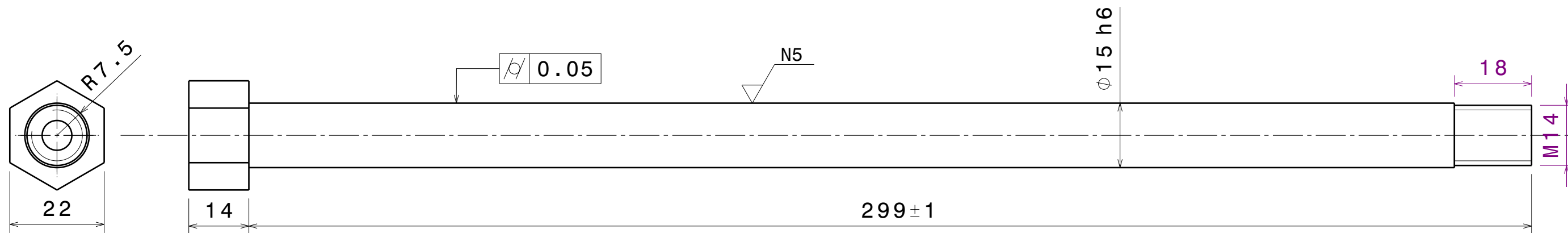
	Universidad Pública de Navarra <i>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</i>	E.T.S.I.I.T	DEPARTAMENTO:		
		INGENIERÍA INDUSTRIAL	PROYECTOS E INGENIERÍA RURAL		
PROYECTO: FABRICACIÓN DE UN PROTOTITO DE MOTOCICLETA DE COMPETICIÓN DE CATEGORÍA MOTO3			REALIZADO: Amaya Azcona Gimeno		
			FIRMA:		
PLANO: LINK			FECHA:	ESCALA:	Nº PLANO:
			13/02/15	1:1	24



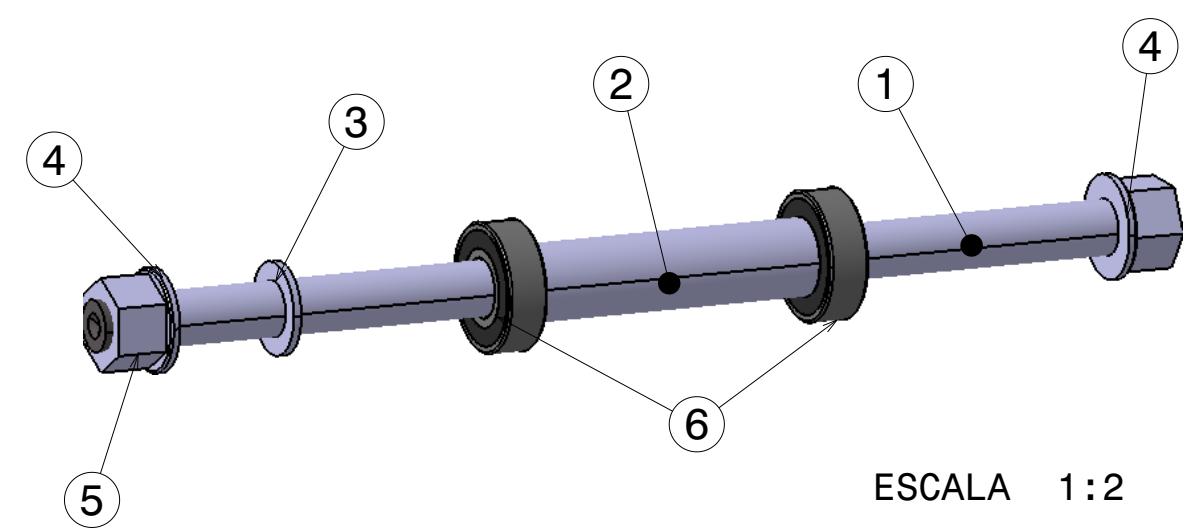
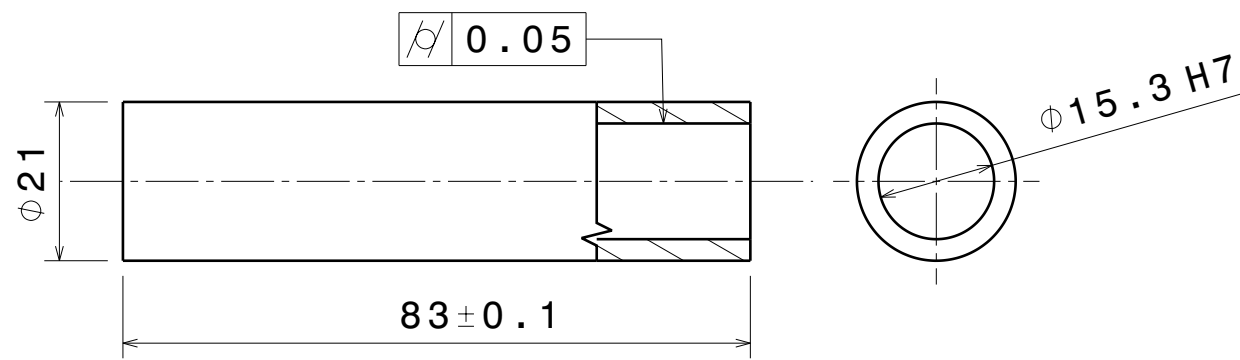
Nº	PIEZA	NOMBRE PIEZA	CANT.
1		Disco de freno	1
2		Tensor cadena	2
3		Eje rueda	1
4		Pinza de freno	1
5		Soporte pinza	1
6		Llanta	1
7		Neumático	1

 <div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div>	E.T.S.I.I.T	DEPARTAMENTO:		
	INGENIERÍA INDUSTRIAL	PROYECTOS E INGENIERÍA RURAL		
PROYECTO:		REALIZADO:		
FABRICACIÓN DE UN PROTOTITO DE MOTOCICLETA DE COMPETICIÓN DE CATEGORÍA MOTO3		Amaya Azcona Gimeno		
PLANO:		FIRMA:		
TREN TRASERO		FECHA:	ESCALA:	Nº PLANO:
		13/02/15	1:3	25

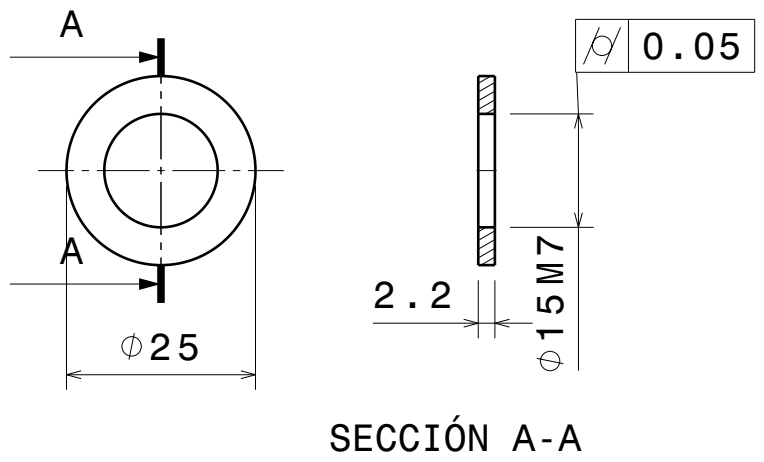
1. EJE RUEDA TRASERA



2. SEPARADOR RUEDA TRASERA




3. CASQUILLO RUEDA TRASERA

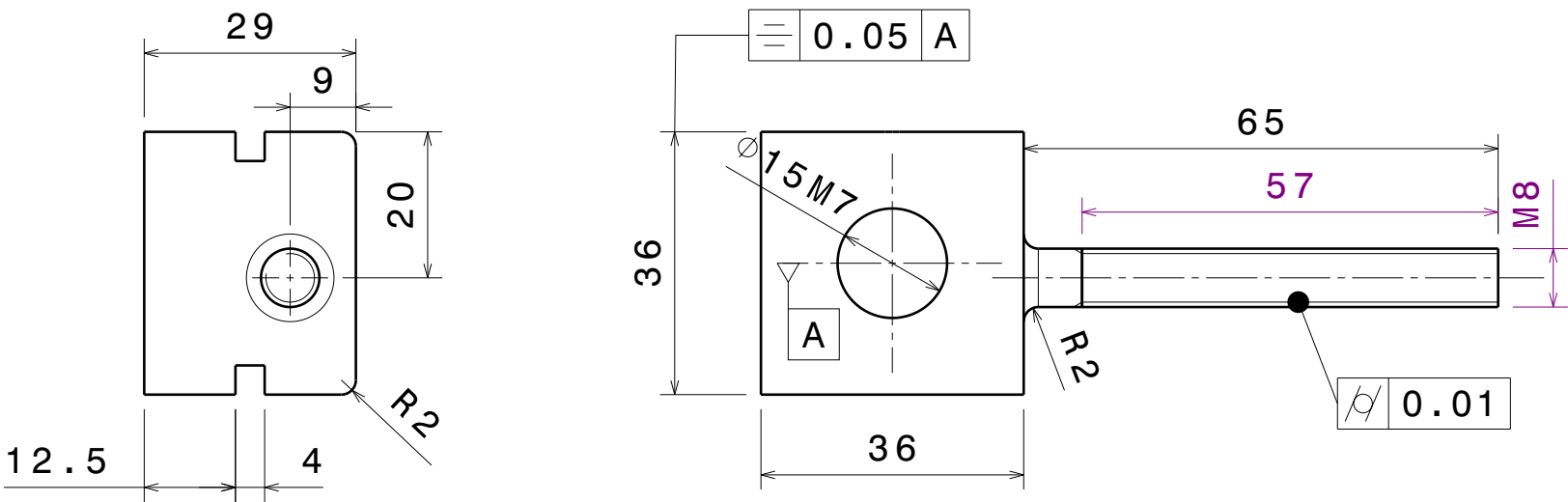


Todas las cotas
están en mm

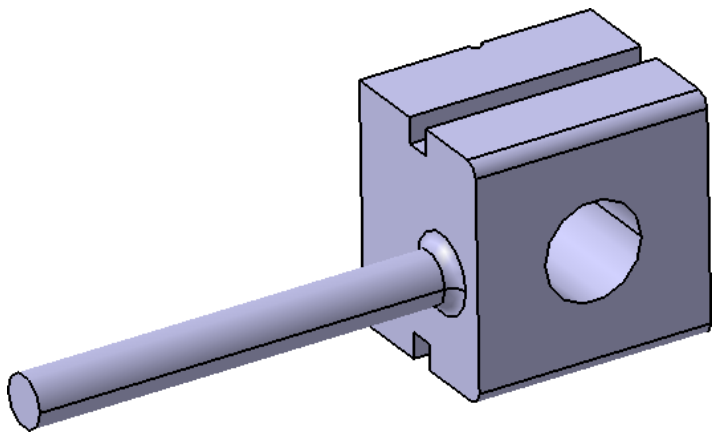
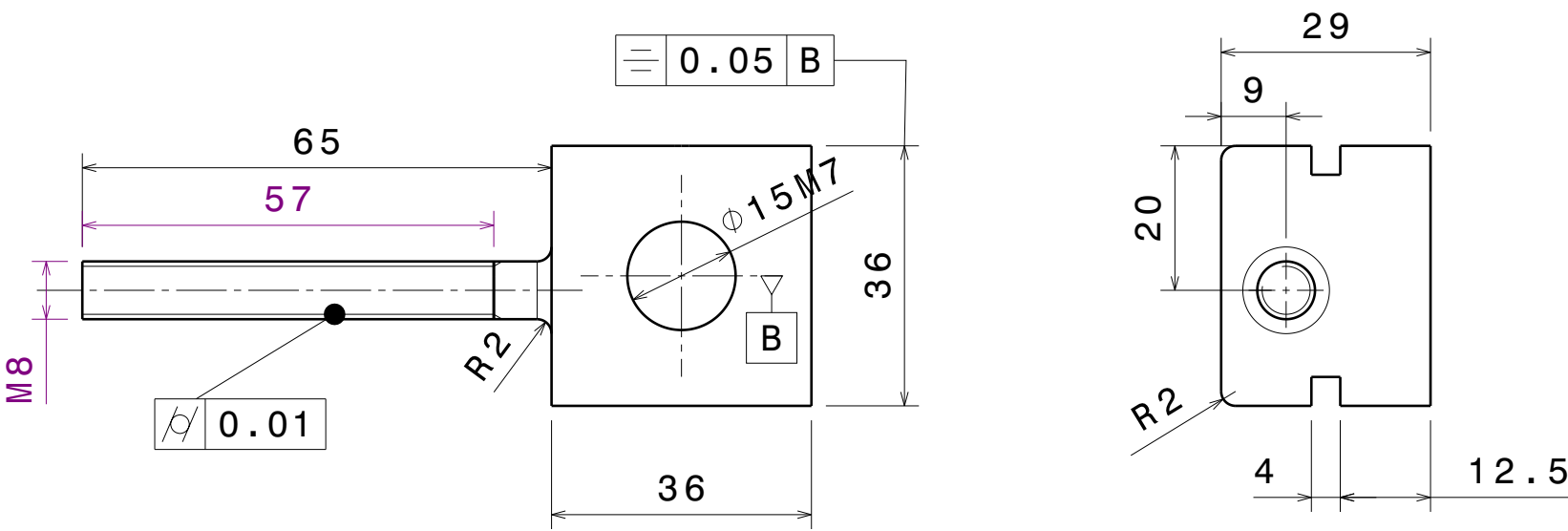
Nº	NOMBRE	CANT.
4	Arandela DIN125 M14	2
5	Tuerca DIN985 M14	1
6	Rodamiento 6202 2RSR	2

 <div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div>	E.T.S.I.I.T	DEPARTAMENTO:		
	INGENIERÍA INDUSTRIAL	PROYECTOS E INGENIERÍA RURAL		
PROYECTO:		REALIZADO:		
FABRICACIÓN DE UN PROTOTITO DE MOTOCICLETA DE COMPETICIÓN DE CATEGORÍA MOTO3		Amaya Azcona Gimeno		
PLANO:		FIRMA:		
ELEMENTOS RUEDA TRASERA		FECHA:	ESCALA:	Nº PLANO:
		13/02/15	1:1	26


TENSOR DERECHO

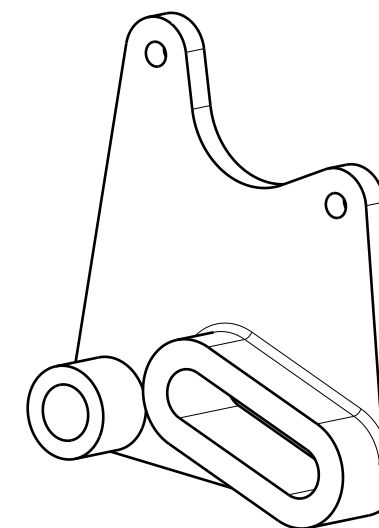
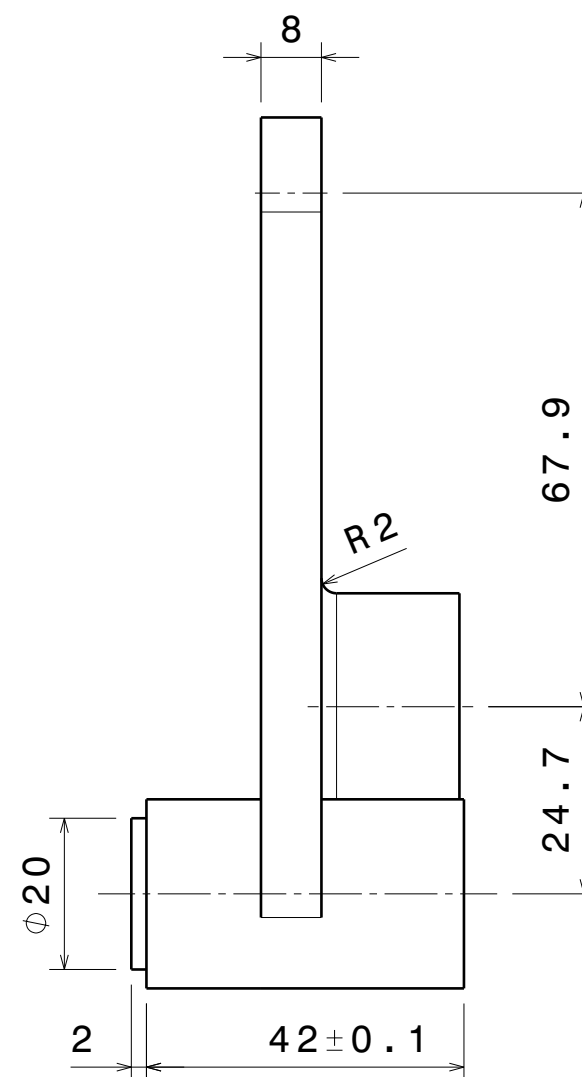
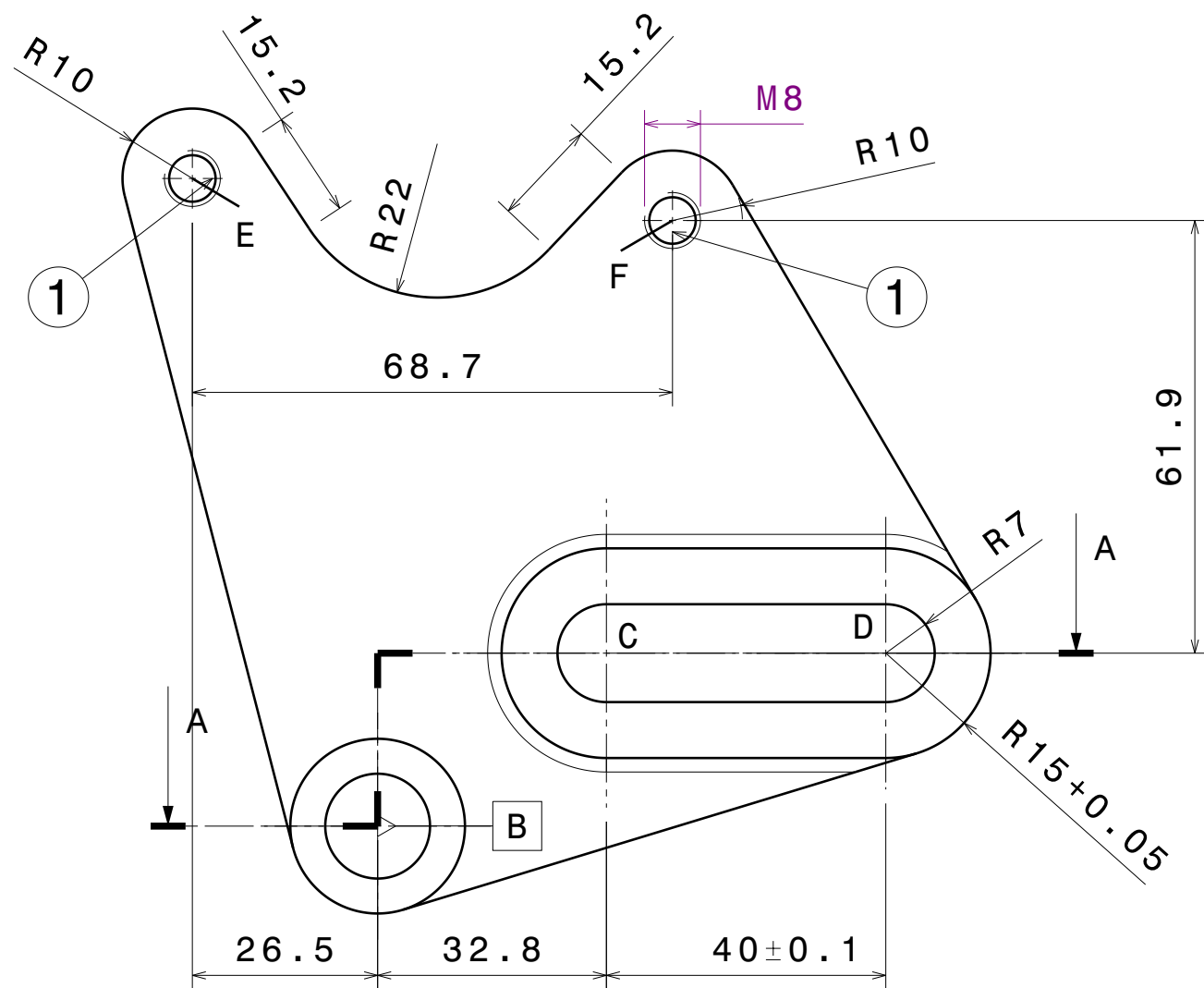


TENSOR IZQUIERDO



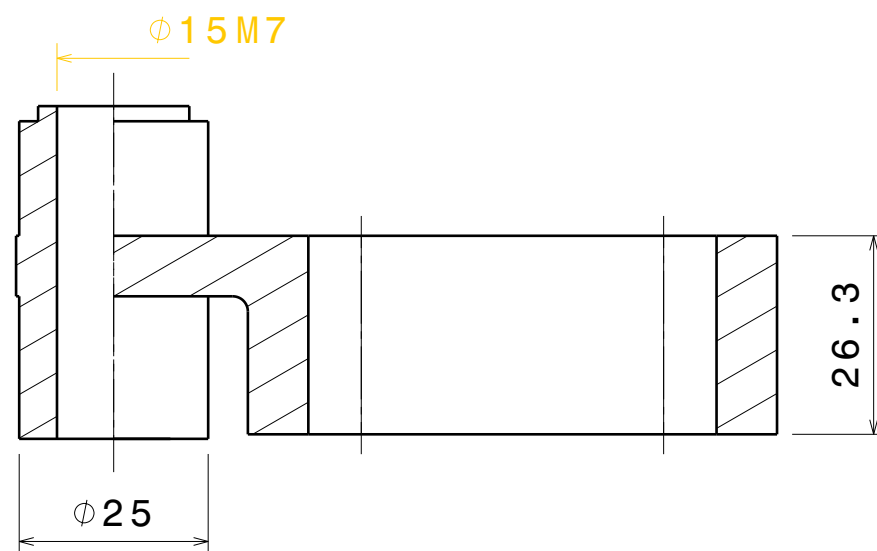
Todas las medidas
están en mm

 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T	DEPARTAMENTO:		
	INGENIERÍA INDUSTRIAL	PROYECTOS E INGENIERÍA RURAL		
PROYECTO:		REALIZADO:		
FABRICACIÓN DE UN PROTOTITO DE MOTOCICLETA DE COMPETICIÓN DE CATEGORÍA MOTO3		Amaya Azcona Gimeno		
PLANO:		FIRMA:		
TENSORES DE CADENA		FECHA:	ESCALA:	Nº PLANO:
		13/02/15	1:1	27



E. 1:2

PUNTO	X	Y
B	0	0
C	32.75	24.75
D	72.75	24.75
E	-26.52	92.67
F	42.22	86.65



SECCIÓN A-A

Nº	NOMBRE	CANT.
1	Tornillo DIN912 M8 L14	2

Todas las cotas están en mm

 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T	DEPARTAMENTO:		
	INGENIERÍA INDUSTRIAL	PROYECTOS E INGENIERÍA RURAL		
PROYECTO:		REALIZADO:		
FABRICACIÓN DE UN PROTOTITO DE MOTOCICLETA DE COMPETICIÓN DE CATEGORÍA MOT03		Amaya Azcona Gimeno		
PLANO:		FIRMA:		
SOPORTE PINZA TRASERA		FECHA:	ESCALA:	Nº PLANO:
		13/02/15	1:1	28